

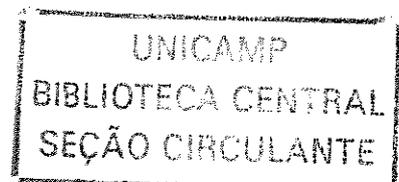
**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E
URBANISMO**

**Análise da Aplicação dos Sistemas de
Informações Geográficas como Instrumento de
Gestão dos Sistemas de Abastecimento de Água**

Cristiano Dorça Ferreira

Campinas

2005



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E
URBANISMO**

**Análise da Aplicação dos Sistemas de
Informações Geográficas como Instrumento de
Gestão dos Sistemas de Abastecimento de Água**

Cristiano Dorça Ferreira

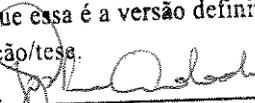
Orientador : José Geraldo Pena de Andrade
Co-orientadora : Maria Teresa Françoso

Dissertação de Mestrado apresentada à Comissão de Pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração de Recursos Hídricos

Campinas

2005

Atesto que essa é a versão definitiva da
dissertação/tese.

Prof. Dr. 

Matrícula

05933-1 - 29/06/05

UNIDADE	BC
Nº CHAMADA	F/UNICAMP
	F413a
V	EX
TOMBO BC/	65137
PROC.	16-P-00086-05
C	<input type="checkbox"/>
D	<input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	11,00
DATA	04/02/05
Nº CPD	

BIBID - 359417

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

F413a	<p>Ferreira, Cristiano Dorça Análise da Aplicação dos Sistemas de Informações Geográficas como Instrumento de Gestão dos Sistemas de Abastecimento de Água / Cristiano Dorça Ferreira.--Campinas, SP: [s.n.], 2005.</p> <p>Orientadores: José Geraldo Pena de Andrade, Maria Teresa Françaço.</p> <p>Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo.</p> <p>1. Abastecimento de água. 2. Sistema de informação geográfica. 3. Gerenciamento da informação. I. Andrade, José Geraldo Pena de. II. Françaço, Maria Teresa. III. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. IV. Título.</p>
-------	---

Título em Inglês: Geographic Information System as an Instrument to Water Supply Systems Management.

Palavras-chave em Inglês: Water Supply, GIS (Geographic Information Systems) e Information Management

Área de concentração: Recursos Hídricos.

Titulação: Mestre em Engenharia Civil

Banca examinadora: Paulo Sérgio Franco Barbosa e Jose Teixeira Filho

Data da defesa: 11/02/2005

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E
URBANISMO**

**Análise da Aplicação dos Sistemas de
Informações Geográficas como Instrumento de
Gestão dos Sistemas de Abastecimento de Água**

Cristiano Dorça Ferreira

Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:



Prof. Dr. José Geraldo Pena de Andrade
Presidente e Orientador / FEC - UNICAMP



Prof. Dr. Paulo Sérgio Franco Barbosa
FEC – UNICAMP



Prof. Dr. Jose Teixeira Filho
FEAGRI - UNICAMP

Campinas

2005

Dedicatória

Aos meus queridos e amados pais, Carlos Alberto e Mariângela, a quem devo por mais essa fase na minha vida. A minha querida e amada Juliana, pela ajuda, incentivo e paciência nesse período.

Aos meus queridos e amados irmãos, Luis Cláudio, Carlos Alberto e Andressa, e o meu cunhado Gildásio pelo apoio e incentivo.

Ao meu sobrinho Luis Felipe que está sempre irradiando felicidade onde está.

Agradecimentos

Ao Prof Dr. José Geraldo Pena de Andrade, pela orientação, ensinamentos, atenção, disposição e compreensão.

À Profª Dra Maria Teresa Françoso pela disposição em oferecer a sua co-orientação no trabalho. Além da orientação, ensinamentos atenção, disposição e compreensão.

À Juliana, pela ajuda na parte de estruturação e compreensão do texto.

Ao meu irmão Luis Cláudio pelas ajudas gerais

Ao meu cunhado Gildásio por me ajudar na parte da Língua Estrangeira

Eu ouço.....Eu esqueço
Eu vejo.....Eu lembro
Eu faço.....Eu Compreendo

(Autoria desconhecida)

Sumário

Lista de Figuras.....	ix
Lista de Tabelas.....	x
Lista de Símbolos.....	xi
Resumo.....	xii
Abstract.....	xiii
1 - Introdução.....	1
2 - Revisão Bibliográfica.....	3
2.1 – Fundamentos do Geoprocessamento.....	3
2.1.1 – Espaço geográfico e informação espacial.....	3
2.1.2 – Sistemas de Informações Geográficas.....	4
2.1.3 – Diferença entre SIG e CAD.....	4
2.1.4 – Componentes do SIG.....	5
2.2 – Representação da Informação Espacial e Espaço Geográfico.....	6
2.3 - Representação da Informação Espacial e Espaço Geográfico no SIG.....	7
2.4 – Banco de Dados.....	10
2.4.1 – Modelagem de Dados.....	11
2.4.2 – Banco de Dados para Aplicação em SIG.....	12
2.5 – Modelo de Dados em Geoprocessamento - Orientação por Objetos.....	12

2.6 - O uso do SIG nos Sistemas de Abastecimento de Água (SAA).....	13
2.7 - Aplicações dos Sistemas de Informações Geográficas.....	16
2.8 – Tecnologia do SIG aplicado à Gestão de Bacias.....	17
2.9 - O SIG aplicado para análise de contaminação da população pela água abastecida.....	21
2.10- Planejamento do melhor traçado de uma adutora.....	28
2.11 – O SIG no controle de perdas.....	29
2.11.1 – Manutenção corretiva.....	30
2.11.2 – Manutenção Preventiva.....	31
2.11.3 – Caracterização dos consumos.....	31
2.11.4 – Setorização.....	32
2.12 – Aspectos Gerais de Implantação do SIG.....	32
3 - Estudo de Caso.....	39
3.1 - Descrição do local.....	39
3.2 - Modelo de Dados.....	40
3.3 – Planejamento.....	43
3.4 – Dificuldades Encontradas.....	44
4 – Simulação.....	46
5 – Conclusão.....	59
6 – Bibliografia.....	60
6.1 -Bibliografia citada.....	60
6.2 - Bibliografia consultada.....	61

Lista de Figuras

N°	Descrição	Pág
2.1	Sistemas Componentes de um SIG	6
2.2	Representação Vetorial e Raster	9
2.3	Presença de flúor na água nos postos de monitoramento da rede de distribuição de água do Rio de Janeiro	26
2.4	Rede de distribuição de água e cobertura de fornecimento por setor censitário do Rio de Janeiro	27
3.1	Modelo de Dados para a aplicação na rede de abastecimento de água do Campus da UNICAMP	42
4.1	Divisão da rede do SAA da UNICAMP em regiões	49
4.2	A rede do SAA da Região da Engenharia Agrícola	50
4.3	Estrutura da consulta de consumo	51
4.4	Resultado da consulta para o setor Agrícola	52
4.5	Coleta de dado de medição de vazão de um ponto	53
4.6	Estrutura de consulta da idade da tubulação	54
4.7	Resultado da consulta de idade superior a 8 anos de idade	55
4.8	Resultado da consulta de idade superior a 15 anos de idade	56
4.9	Nós estratégicos na rede	57
4.10	Planejamento da rede do SAA da UNICAMP	58

Lista de Tabelas

<i>N°</i>	<i>Descrição</i>	<i>Pág</i>
2.1	Tipos de Representação da Informação Espacial e Espaço Geográfico	9
2.2	Comparação entre os Modelos Raster e Vetor	10
2.3	Localização, população residente e área de risco segundo critérios de qualidade do abastecimento	23

Lista de Símbolos

SAA – Sistema de Abastecimento de Água

SIG – Sistemas de Informações Geográficas

CAD – Computer Aided Design

MNT – Modelo Numérico do Terreno

SGDB – Sistema Gerenciadores de Banco de Dados

PGR – Práticas de Gerenciamento em Reservatórios

CAISM – Centro de Informação da Saúde da Mulher

SI – Sistema Internacional de Unidades

Resumo

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) são uma forma moderna e eficaz de interligar informações alfanuméricas a uma base geográfica espacial (informação cartográfica), permitindo as mais distintas análises conjuntas. Embora o SIG seja uma ferramenta de gestão desejável, sua implantação efetiva é onerosa e um planejamento mal feito pode levar ao malogro todas as expectativas de benefícios que se objetivavam com a sua implantação. Os pequenos sistemas de abastecimentos de água que atendem as pequenas e médias cidades, via de regra, não dispõem de corpo técnico qualificado e de recursos para a implantação adequada de um SIG. Neste sentido, o presente trabalho apresenta um guia para implantação do SIG para estes sistemas, com base em informações relatadas na literatura.

Abstract

The Geographical Information System (GIS) modern and effective form of join alphanumeric information to a space geographical base (cartographic information), allowing the most different united analyses. Although GIS a tool of desirable administration, your implantation it executes it is onerous and a planning badly fact can take to the failure all the expectations of benefits that were aimed at with your implantation. The small systems of water supplies that assist the small ones and averages cities, rule road if they don't have qualified technical body and resources for the appropriate implantation of a GIS this sense the present work presents a systematic of low cost implantation of GIS these systems, based in informations of literature.

1- INTRODUÇÃO

Os sistemas de abastecimento de água atravessam vários problemas como falta de restrição de matéria prima, falta de recursos financeiros e descontinuidade administrativa e para solucionar esses e outros problemas é inevitável uma gestão eficiente nesses sistemas

A gestão de um sistema de abastecimento de água envolve o manuseio de grande quantidade de informações provenientes de fontes e naturezas distintas. Estas informações, tradicionalmente, são disponibilizadas sob várias formas como: planilhas, banco de dados, mapas, plantas de projeto, etc.

Para um efetivo gerenciamento do sistema, as decisões tomadas em relação ao armazenamento e fluxo das informações devem ser bem estudadas para permitir a evidente necessidade de inter-relacionar as diversas informações disponíveis, para se ter uma resposta rápida e adequada de uma determinada proposição. O geoprocessamento é uma técnica moderna e eficaz de se interligar as diversas informações a um sistema computacional, associado a uma base cartográfica, de forma clara e rápida.

Embora o geoprocessamento seja uma técnica de gestão desejável a todos os sistemas de abastecimento, sua implantação efetiva requer que haja, antes de tudo, uma preparação para sua implantação. O sucesso dessa técnica está diretamente relacionado a um cuidadoso planejamento, podendo frustrar caso o planejamento seja falho. Na maioria dos casos, os sistemas de abastecimentos de água não dispõem de pessoal técnico qualificado para este planejamento e implantação.

Neste sentido, a proposição do presente trabalho é mostrar o potencial da aplicação, analisar aspectos importantes da implantação do Sistema de Informação Geográfica (SIG) para atingir o sucesso e simular um caso da sua aplicação nos sistemas de abastecimento de água.

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - Fundamentos do Geoprocessamento

“Geoprocessamento é uma disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para tratamento de informações geográficas” (Câmara, e Medeiros, apud Assad (1998)).

A ferramenta computacional do geoprocessamento são os SIGs que inter-relacionam dados de diferentes naturezas e armazenam as informações em banco de dados georreferenciados.

2.1.1 - Espaço geográfico e informação espacial

Espaço geográfico é definido como um conjunto de localização geográfica sobre a superfície da Terra onde ocorre um determinado fenômeno geográfico, além de possuir atributos que o descrevem. O espaço geográfico define-se em função de suas coordenadas, sua altitude e sua posição relativa. Sendo um espaço localizável, este é possível de ser cartografado (Segundo Dolfus, apud Assad (1998)).

A noção de informação espacial está relacionada à existência de objetos com propriedades, as quais incluem a sua localização no espaço e relação com outros objetos. Estas relações incluem conceitos topológicos (vizinhança, pertinência), métricas (distância) e direcionais (“ao norte de”, “acima de”).

Deste modo, os conceitos de espaço geográfico e informação espacial são duas formas complementares de se conceituar um objeto de estudo, em Geoprocessamento.

2.1.2 - Sistemas de Informações Geográficas

Sistema de Informações Geográficas (SIG) são sistemas que processam e armazenam dados que descrevem a superfície terrestre. Um SIG armazena dados geográficos de diferentes naturezas em uma única base de dados e os representa de forma gráfica em uma única base espacial pré-definida (Lovato, Aranha, Goes, em Ferreira (1999)).

2.1.3 - Diferença entre SIG e CAD

Muitos técnicos costumam confundir a ferramenta CAD (Computer Aided Design) com o SIG. Portanto, é muito importante esclarecer a diferença entre essas duas ferramentas. O CAD é uma ferramenta que captura, modifica ou cria desenhos eletrônicos georreferenciados. A ferramenta CAD pode associar atributos aos elementos dos desenhos georreferenciados, mas é incapaz de realizar operações espaciais, organizar e manipular as relações topológicas e ligar conjuntos de dados diferentes utilizando a localização geográfica como chave de ligação.

2.1.4 - Componentes do SIG

Segundo Buzai e Duran, em Ferreira (1999), um SIG é composto por diferentes subsistemas:

- Armazenamento e organização de dados espaciais gráficos: digitalização vetorial como procedimento manual, digitalização raster automática ou arquivos que provém diretamente de sensores remotos.

- Armazenamento e organização dos dados espaciais alfanuméricos: estes dados, com a sua localização explícita se organizam em arquivos computacionais e podem ser eficientemente recuperados a fins de sua modificação, ampliação, tratamento estatísticos ou para ser associado à correspondente entidades gráficas georreferenciadas.

- Tratamento de dados: a utilização da ferramenta SIG manipula o conteúdo dos sistemas anteriores e realiza, a partir destes, procedimentos de análise espacial.

- Relatórios de Resultados: obtidos através de periféricos de saída (impressora, plotter, etc) das respostas geradas mediante os procedimentos realizados como subsistema anterior.

Na Figura 2.1, pode-se verificar como existe a interligação entre os diferentes subsistemas de um SIG.

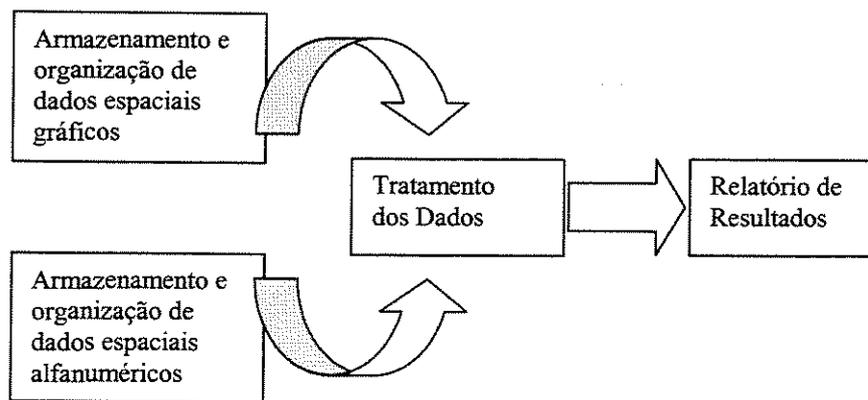


Figura 2.1 – Sistemas Componentes de um SIG

Fonte : Ferreira (1999)

2.2 - Representação da Informação Espacial e Espaço Geográfico

Existem diferentes formas para a representação da informação espacial e do espaço geográfico em um SIG. Os principais são: mapas temáticos, mapas cadastrais, redes, imagens e modelo numérico do terreno.

a) Mapas temáticos: os mapas temáticos representam, espacialmente, propriedades qualitativas de um determinado tema para uma específica localização.

b) Mapas cadastrais: O mapa cadastral é um mapa onde representa objetos geográficos no qual associado a cada elemento existe várias informações alfanuméricas e uma representação gráfica.

c) Imagens: as imagens são obtidas por satélites, fotografias aéreas ou scanners. As informações das imagens estão representadas em um formato matricial, onde a menor unidade dessa matriz, o "pixel", contém um valor que representa a intensidade de energia eletromagnética emitida ou refletida pela superfície terrestre em análise.

d) Modelos Numéricos do Terreno (MNT): "um MNT pode ser definido como um modelo matemático que reproduz uma superfície real a partir de algoritmos e de um conjunto de pontos (x,y), em um referencial qualquer, com atributos denotados de z, que descrevem a variação contínua da superfície" (Câmara e Medeiros, em Assad (1998)).

e) Redes: rede é uma representação onde o objeto geográfico em questão tem uma localização geográfica, que precisa estar sempre associado a um banco de dados.

Os objetos geográficos são representados graficamente com a topologia arco-nó, que é uma rede linear, representada vetorialmente, no qual as linhas e/ou arcos estão conectados a uma ou mais linhas através de um ponto, sendo este, o ponto inicial ou final de cada um dos elementos que estão associados. Os atributos associados a arcos estão relacionados ao sentido do fluxo e os atributos associados ao nó estão relacionados com as características da restrição do fluxo.

Para o caso de rede de abastecimento de água, os canos são representados por arcos e as válvulas, ligações entre os tubos, bombas e outros elementos que estão entre dois tubos de água, por nós.

2.3 - Representação da Informação Espacial e do Espaço Geográfico no SIG

A Informação Espacial e o Espaço Geográfico no SIG podem ser representados em dois formatos: vetor e raster.

A representação vetorial dos mapas é formada por pontos, linhas e polígonos. O ponto é uma entidade geográfica que possui um único par de coordenadas e que junto a ele pode estar associados dados que são armazenados em um banco de dados. As linhas e arcos são um conjunto de pontos interligados. Além das coordenadas dos pontos que compõe a linha, atributos associados a esta são armazenados em um banco de dados. Um polígono é um conjunto de linhas interligadas.

A representação raster é uma malha quadriculada que se assemelha a uma matriz onde para cada célula (denominada de "pixel"), possui um valor que está relacionado com o tema a ser estudado. A partir dos valores das células é que confeccionamos o mapa a ser representado. Cada célula da matriz está relacionada com a posição geográfica no espaço. A representação raster considera a superfície em estudo como plana, onde cada célula representa um pedaço do terreno.

Para Câmara e Medeiro, em Assad (1998), os mapas temáticos admitem tanto a representação matricial quanto a vetorial, sendo relevante compará-las. Para a produção de cartas ou em operações onde se requer maior precisão, a representação vetorial é mais adequada. Por outro lado, as operações de álgebra de mapas são mais facilmente realizadas no formato matricial. No entanto, para um mesmo grau de precisão o espaço de armazenamento requerido por uma representação matricial é substancialmente maior. Isso é ilustrado na Figura 2.2.

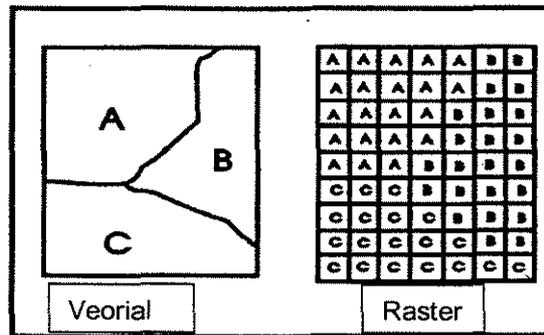


Figura 2.2 – Representação Vetorial e Raster

Fonte : Assad (1998)

A seguir, é mostrado uma Tabela 2.1 com mapas discutidos na Figura 2.2 e sua forma de representação.

Tabela 2.1 – Tipos de Representação da Informação Espacial e Espaço Geográfico

Tipos de Mapas	Tipo de representação
Mapa Temático	Matricial e Vetorial
Mapa Cadastral	Vetorial
Redes	Vetorial
Imagens	Raster
MNT	Raster e Vetorial

Fonte : Assad (1998)

Os mapas temáticos, como já mencionamos anteriormente, podem ser representados no formato raster e vetorial. A Tabela 2.2 apresenta uma comparação entre as duas representações.

Tabela 2.2 – Comparação entre os Modelos Raster e Vetor

Aspecto	Representação Vetorial	Representação Matricial
Relações espaciais entre objetos	Relacionamentos topológicos entre objetos disponíveis	Relacionamentos espaciais devem ser inferidos
Ligação com banco de dados	Facilita associar atributos a elementos gráficos	Associa atributos apenas às classes do mapa
Análise, simulação e modelagem	Representação indireta de fenômenos contínuos Álgebra de mapas é limitada	Representa melhor fenômenos com variação contínua no espaço Simulação e modelagem mais fáceis
Escalas de Trabalho	Adequada tanto a grandes quanto pequenas escalas	Mais adequado para grandes escalas
Algoritmos	Problemas com erros geométricos	Processamento mais rápido e eficiente
Armazenamento	Por coordenadas mais eficientes	Por matrizes

Fonte : Assad (1998)

2.4 – Banco de Dados

Banco de Dados é um conjunto de arquivos estruturados de forma que o acesso à informação sobre determinado assunto possa ser obtido de forma rápida e fácil. Os bancos de dados geográficos, além de armazenarem atributos, armazenam também dados que estão relacionados com a localização geográfica das informações.

Para gerenciar uma grande quantidade de informações, utiliza-se Sistema Gerenciadores de Banco de Dados (SGBD). Segundo Cláudia Bauzer Medeiros e Fátima Pires, em Assad (1998), "SGBD é um software de caráter geral para manipulação eficiente de grandes coleções de informações estruturadas e armazenadas de uma forma consistente e integrada. Em outras palavras, estes

sistemas são utilizados para consulta e atualização de dados, incluindo em especial, as interfaces e usuário".

Os principais objetivos de um SGBD são:

- tornar disponíveis dados integrados para uma grande variedade de usuários através de interfaces amigáveis.
- garantir privacidade dos dados através de medidas de segurança dentro do sistema.
- permitir o compartilhamento de dados de forma organizada, atuando como mediador entre as aplicações e o banco de dados, garantindo assim, o controle e redução do nível de redundância e administrando acessos concorrentes.
- controlar a administração dos dados com garantia de manutenção de padrões de qualidade e integridade.
- possibilitar a independência dos dados com garantia de manutenção de padrões de qualidade e integridade.

2.4.1- Modelagem de Dados

Modelagem de Dados é uma organização dos dados dentro de um SGBD, no qual se consiga simular a situação real, ou seja, as informações estão ligadas entre si, de tal forma que represente a situação real.

Em tempos atrás, a expressão “modelo de dados” era usado para designar uma característica básica de um SGBD, que poderia ser hierárquico, de redes ou relacional. Mais recentemente, este termo tem sido usado para se referir ao processo de especificar a definição lógica de dados ao invés de suas características físicas.

2.4.2 – Banco de Dados para aplicação em SIG

Os banco de dados para aplicação em SIGs se preocupam apenas com a modelagem de dados, a qual passa pelos seguintes estágios: identificação dos dados relevantes, coleta dos dados, correção dos erros introduzidos durante a coleta e espacialização em armazenamento dos dados. A partir desse banco de dados, os usuários podem desenvolver as suas aplicações, bem como continuar a alimentar o banco de dados.

Criar um modelo de dados geográficos é uma tarefa complexa, pois envolve a representação de uma realidade espacial. Esta preocupação tem levado um número de formulações conceituais para modelos de dados geográficos a um crescente interesse em orientação a objetos. A abstração do modelo de dados geográficos resume-se em duas representações: campos e objeto. O campo (geocampo) representa uma superfície contínua na qual as propriedades variam numa distribuição contínua. Os objetos representam as informações espaciais que são identificáveis.

2.5 – Modelo de Dados em Geoprocessamento – Orientação por Objetos.

O modelo de dados busca esquematizar o entendimento que é desenvolvido a respeito de objetos e fenômenos que serão representados em um banco de dados. Os SGBD atuais não disponibilizam de ferramentas para a representação da realidade de objetos e fenômenos atuais. Portanto, é necessário esquematizar a abstração dos objetos e fenômenos do mundo real. A Orientação a Objetos é uma tendência, em termos de modelos, para representação de aplicações geográficas e tem como objetivo oferecer ao usuário maior flexibilidade na modelagem da realidade.

O modelo de orientação a objetos é um modelo onde cada objeto é uma classe. Estas classes se subdividem-se em subclasses e que podem ter relação de agregação ou especialização. A especialização é quando uma subclasse pertence a uma outra classe, não podendo, portanto, pertencer a duas classes ao mesmo tempo. Por exemplo, o consumidor em um sistema de distribuição de água ou é público, residencial ou industrial. A agregação é quando uma classe é formada por várias outras subclasses. Também é denominada de "part of" como o próprio nome diz, cada subclasse faz parte da classe.

2.6 – O uso do SIG nos Sistemas de Abastecimento de Água (SAA)

Os SAA, de maneira geral, apresentam problemas como: restrição de matéria prima, escassez de recursos financeiros e descontinuidade administrativa. Esses problemas serão explicados mais detalhadamente.

Existem na maioria dos abastecimentos, dificuldades naturais no atendimento das demandas crescentes, por restrição natural das fontes de água bruta, seja por déficit de quantidade ou, pela má qualidade (contaminação das fontes por municípios vizinhos ou pela própria municipalidade).

Diante da crise econômica nacional e internacional, a disponibilidade de recursos financeiros para o sistema de abastecimento de água é baixo, sendo os

poucos recursos destinados, via de regra, a situações de emergências, comprometendo as políticas de planejamento de médio e longo prazo, a manutenção preventiva da rede e seus acessórios e, de investimentos em programa de modernização da empresa.

Um dos aspectos mais desastrosos para a manutenção de programa de gestão nos sistemas de abastecimentos de água é a mudança contínua de seu “staff decisor” devido a aspectos políticos (os famosos cargos de confiança). Este aspecto, além de dificultar os movimentos da empresa, acabam impedindo a formação de um acervo histórico. A substituição de elementos chave no quadro do pessoal da companhia implica, muitas vezes, na perda quase completa de sua memória. (Deve ser ressaltado aqui, que este aspecto é decorrente de uma má gestão e que sem dúvida seria minimizado com aplicação adequada de recursos modernos).

Os SIGs são uma forma eficaz de interligar estas informações a uma base espacial. Tais sistemas permitem, não somente relacionar dados de caráter geográfico (ou espacial) a dados alfanuméricos, como também atualizar estes dados de uma maneira simples através de uma interface gráfica amigável (na maior parte das vezes).

Dentro do gerenciamento global de um sistema de abastecimento de água, baseado em um SIG, encontram-se áreas de atividades específicas que manejam diferentes informações da base georreferenciada, tais como: sistema de informação de clientes, projetos e planejamento, operação e manutenção do sistema hidráulico (redes e dispositivos), gerência de infra-estrutura, gerência de fugas e gerência administrativa. O conjunto geral destas informações disponibilizadas ao gestor permite as ações locais e globais de gerência do sistema. As possibilidades de armazenamento e gestão da informação são praticamente ilimitadas, citando como exemplos: a visualização de todos elementos da rede e de suas características, gerações de estatísticas, número de válvulas de um determinado modelo e diâmetro, gestão de consumidores e do parque de hidrômetros, estado de funcionamento do sistema e etc.

O interesse do uso do SIG nos sistemas de abastecimentos de água é mundial e vem crescendo consideravelmente nos últimos anos. Em 1998, o nível de cobertura

do uso do SIG nos sistemas de abastecimento de água, em Portugal, era de 77%, sendo esse índice inferior ao de outros países da Europa mais desenvolvidos (Reis, 1998).

No mundo moderno, a informação é o “motor” das atividades humanas. Nas empresas de abastecimento de água, talvez mais do que a água, a informação é considerada a matéria prima com que trabalham a maioria de seus empregados. Este fato decorre naturalmente de suas obrigações de rotina:

- Evitar e prevenir riscos de emergências ou resolvê-los quando ocorrem.
- Manter a qualidade dos serviços.
- Vigiar os recursos econômicos e humanos para que sejam utilizados eficazmente.
- Obter melhores benefícios econômicos.
- Prever e planejar obras de expansão.
- Utilizar e conservar em boas condições as instalações e equipamentos.
- Atualizar o padrão de usuários, redes e informações importantes.

Para atender a estas obrigações são elaborados sistemas de informação, que devem reunir algumas características e qualidade. Para que um conjunto de dados se transforme em uma informação, este deve estar ordenado, classificado e referenciado, permitindo identificar situações extremas (melhores e piores) e suas causas. Com isso, torna-se oportuno para tomar medidas preventivas ou outras decisões.

Portanto, faz-se necessário a utilização de banco de dados informatizados que apresentam as seguintes vantagens:

- Capacidade de manipulação de um grande volume de dados armazenados;
- Maior capacidade de garantir a qualidade dos dados armazenados;
- Capacidade de cruzar dados;
- Maior rapidez e flexibilidade na recuperação dos dados;
- Maior acesso a métodos de modelamento estatístico e gráfico para análise e interpretação dos dados;

A qualidade do produto fornecido por um banco de dados depende da quantidade, qualidade, atualidade e confiabilidade dos dados.

2.7 – Aplicações dos Sistemas de Informações Geográficas

Uma grande carência dos sistemas de abastecimento de água é a falta de um corpo técnico qualificado e que, realmente, saiba entender qual é o potencial do SIG, suas dificuldades de implantação no SAA, não se deixando iludir pelas demonstrações feitas para a venda do produto.

Qualquer aplicação em que se utiliza o SIG vai depender dos dados que lhe são fornecidos, portanto, antes de prever qualquer aplicação com o SIG, é necessário primeiro analisar o custo, a dificuldade e qualidade do dado necessário para que a aplicação aconteça.

Será apresentado no decorrer deste trabalho, aplicações que foram realizadas no intuito de mostrar, não apenas o que a ferramenta é capaz de fazer, mas sim, exemplos não distantes da realidade.

Não se deve ter uma visão confinada do uso do SIG nos SAAs como apenas cadastro técnico da rede, e sim entender que o SIG é um ferramenta de análise espacial.

2.8 – A Tecnologia do SIG Aplicada à Gestão de Bacias

Para Camargo, 1997, vários fatores (hidrológicos, climáticos, geológicos, uso do solo, desmatamento, efluentes químicos e urbanização) interferem na qualidade da água.

O SIG pode ser usado para :

- Identificar e determinar a extensão espacial e as causas dos problemas de qualidade da água, tais como efeitos das práticas do uso do solo nas adjacências dos corpos d'água;
- Ajudar a determinar a locação, a distribuição espacial e área afetada por fonte de poluição;
- Ser usado para correlacionar cobertura de terreno e dados topográficos;
- Ser usado para avaliar os efeitos combinados de vários fatores como uso do solo, precipitação, drenagem e etc;

- Ser usado para prospecção de novos mananciais;

A seguir é apresentado um estudo de caso de uso do SIG, para detecção de áreas potencialmente poluidoras, devido ao uso de atrazine, em reservatórios de abastecimento de água, no estado do Texas, desenvolvido pela Universidade do Norte do Texas (Atkinson, 2001). A intenção do projeto é produzir um mapa diagnóstico que indica onde PGR (Práticas de Gerenciamento em Reservatórios) seriam mais efetivos em reduzir o carregamento de atrazine para o reservatório de abastecimento de água em questão.

Atrazine é um herbicida de grande uso na agricultura e que tem sido encontrada em vários corpos d'água. Pode persistir por mais de um ano, sob secas e frias condições, e tem uma meia vida entre 60 e 100 dias. Seu malefício é a possibilidade de ocasionar um câncer.

Uma das alternativas para eliminar a atrazine em águas de abastecimento público é utilizar o carbono granulado ativado. Apesar de ser considerado a melhor tecnologia, seu custo de implantação é bastante oneroso.

A segunda alternativa é usar o SIG para implementar melhores PGR ameaçados. As vantagens desta alternativa são custo mais baixo e proteção do ecossistema aquático. O PGR requer um amplo conhecimento de onde o herbicida pode ser usado e fatores ambientais que influenciam potencialmente a contaminação da água. A suscetibilidade de contaminação por atrazine é identificada a partir da combinação dos seguintes fatores: uso do solo, declividade do terreno e erodibilidade do solo. No "layer" de uso do solo, os "pixels" eram associados às seguintes classes, levando em consideração a probabilidade de contaminação dos reservatórios:

- Reservatórios, lagos e cursos de água perenes e intermitentes: não há risco de contaminação pela atrazine.
- Plantação e pasto: alto risco

- Campo: baixo risco
- Floresta: não há risco
- Arbusto: baixo risco de atrazine
- Áreas urbanas ou residências rurais: moderado risco

Cada uma dessas classes é associada ao nível de risco de atrazine:

- Não risco: locais onde não há uso de atrazine;
- Baixo risco: existe o uso de atrazine, mas é ilegal;
- Moderado risco: o uso de atrazine pode ser legal ou ilegalmente e compreende áreas onde podem ser aplicadas em proporções maiores do que a agricultura, mas o risco de contaminação não é tão grande. São áreas, como por exemplo, urbanas que possui um baixo risco de contaminação por causa da atrazine;
- Alto risco: o uso da atrazine pode ser legal ou ilegalmente. Seu uso é em áreas de grande risco de contaminação, como por exemplo, áreas de agricultura.

Para o “layer” de declividade do terreno, os “pixels” foram associados da seguinte maneira :

- > 1%: não há risco de contaminação
- 2-5%: baixo risco de contaminação

- 6-7%: moderado risco de contaminação
- 7%: alto risco de contaminação

Para o “layer” erosão, os “pixels” foram classificados de acordo com o fator K (o valor k possui o máximo valor de 1,0, sendo este valor para solos de alta vulnerabilidade à erosão):

- 0,0-0,10: não há risco de contaminação
- 0,11-0,17: baixo risco de contaminação
- 0,18-0,32: moderado risco de contaminação
- 0,37: alto risco de contaminação

Para cada “pixel” em seus respectivos “layers” é atribuído um valor de acordo com o risco de contaminação classificados da seguinte maneira:

- Não há risco: 1
- Baixo risco: 2
- Moderado Risco: 3
- Alto risco: 4

A partir do produto dos valores atribuídos aos “pixels” correspondentes em cada “layer”, criou-se um mapa de potencial de contaminação de atrazine no reservatório, considerando o uso do solo duas vezes mais importantes que os outros dois fatores. De acordo com os resultados obtidos, a bacia do reservatório pode ser dividida em duas regiões, baseadas na direção de potencial de poluição: a região oeste e leste. Na a

região oeste da sub-bacia, o risco de poluição de atrazine é de baixo a moderado, sendo a erodibilidade o principal motivo do risco de contaminação, seguido da inclinação do solo e por último o uso do solo. Com esta informação, a administração da sub-bacia deve ser capaz de escolher uma comitativa de PGR e programas educacionais públicos que enfatizam a conservação do solo e estratégias de controle de erosão. Na parte leste da bacia, o principal motivo do risco de contaminação é a atividade agrícola seguida da erodibilidade do solo. Para solucionar tal problema, as comitativas devem dar maior ênfase aos métodos de aplicação de herbicida e integrar estratégias para o gerenciamento da praga.

2.9 – O SIG aplicado para análise de contaminação da população pela água abastecida.

Segundo Barcellos e outros, 1998, o SIG têm sido utilizado como ferramenta de consolidação e análise de grandes bases de dados sobre saúde e ambiente. Estes sistemas permitem a captura, armazenamento, manipulação, análise e exibição de dados georreferenciados, isto é, relacionados a entidades gráficas com representação espacial.

O caso do abastecimento de água no Município do Rio de Janeiro pode ser utilizado como exemplo da construção de mapas de risco com informações complementares e intercambiáveis. Diversas fontes de informação podem conter dados sobre o abastecimento de água no Brasil, sendo a maior parte destes dados passíveis de georreferenciamento. Neste trabalho, foram construídas e analisadas três camadas inter-relacionáveis de informações espaciais, envolvendo os dados do censo populacional com quesitos sobre saneamento, referidos aos setores censitários, o sistema de abastecimento de água, com a localização da rede principal de distribuição, mananciais e elevatórias e dados sobre a qualidade da água segundo programa de monitoramento conjunto entre o órgão de controle ambiental e a agência de saneamento do estado do Rio de Janeiro.

Em cada uma destas informações construídas na forma de camadas e por intermédio de operações espaciais, podem-se obter informações sobre variáveis contidas em duas ou mais destas camadas, como, por exemplo, uma lista de domicílios com carência de sistema de abastecimento de água em áreas de alta incidência de doenças relacionadas ao saneamento, ou a localização de áreas de pobreza onde problemas de saneamento são, em geral, agravadas pela carência sócio-econômica. Foram identificadas áreas e populações submetidas a risco utilizando-se os seguintes critérios ambientais e sócios demográficos:

- Aplicou-se “buffer” (regiões de influência) de 1 km em áreas próximas a postos de monitoramento de qualidade da água que apresentam alta recorrência de contaminação por coliformes fecais.
- Aplicou-se “buffer” de 2 km dos pequenos mananciais que são utilizados para abastecimento de rede de origem local. Como conseqüência da crescente ocupação destas encostas é possível que haja contaminação, mesmo que esporádicas de dejetos humanos.
- “Buffer” de 0,5 km da rede principal das áreas distantes por rede do SAA, onde a rede secundária de abastecimento (rede a 0,5 km em torno dos arcos que representam a rede principal de distribuição) pode ser ausente ou apresentar problemas de continuidade de abastecimento.
- Áreas onde mais de 50% dos residentes, segundo o censo de 1991, declararam não ser supridos por rede do SAA. Considerando esta variável como um somatório de respostas dos domicílios ao quesito sobre abastecimento de água durante o recenseamento pode presumir que, ao negar a ligação de grande parte dos domicílios à rede geral, os moradores podem apontar problemas gerais no abastecimento de água que envolvam a região, e não o seu domicílio isoladamente.

Na Tabela 2.3 é apresentado as populações e áreas submetidas a risco segundo os quatro critérios citados.

Tabela 2.3 – Localização, população residente e área de risco segundo critérios de qualidade do abastecimento

Critério de risco	População (N de residências)	Área (km ²)	Localização
Contaminação da água	1.900.000	349	Encosta das Zonas Sul e Norte, parte da Zona Oeste
Uso de Pequenos Mananciais	700.000	392	Em torno dos maciços da Tijuca e Pedra Branca
Ausência de rede	600.000	156	Zona Oeste, Barra da Tijuca e áreas isoladas da Zona Norte
Uso de fontes alternativas de água	206.000	206	Zona Oeste, Maciço da Pedra e Alto da Boa Vista

Fonte : Barcellos e outros (1998)

Os critérios utilizados, na Tabela 2.3, permitiram a identificação de grupos sócio-espaciais sujeitos a riscos à saúde associados ao abastecimento de água. A contaminação da rede geral de abastecimento de água por coliformes (critério 1) abrange a maior parte da população sob risco, representando cerca de 35% da população total do município. O abastecimento de água por meio de pequenos mananciais locais (critério 2), ou a ausência de rede geral de distribuição (critério 3) podem representar riscos para parcelas ainda significativas da população da cidade (cerca de 10%), que se encontram em regiões de mais baixa densidade populacional. Uma pequena parcela da população (cerca de 2%) localiza-se em regiões onde a maior parte do abastecimento é realizado por fontes alternativas de água (poços e nascentes não exploradas pela agência de saneamento), mas que representam área considerável do município (cerca de 16% do território). Estas últimas áreas da cidade apresentam baixa densidade populacional, o que permite o uso de poços (no caso do Recreio dos Bandeirantes, Guaratiba e Sepetiba) ou nascentes (principalmente nas áreas altas do Maciço da Tijuca) para a obtenção de água.

Estes grupos sócio-espaciais, identificados segundo os diferentes critérios, são muitas vezes coincidentes, acumulando problemas como a má qualidade da água e a carência de redes de distribuição. Cerca de 375.000 habitantes do Município do Rio de Janeiro residem em áreas próximas a mananciais locais de água e com contaminação recorrente das águas da rede de distribuição, apresentando uma possível sobreposição de fatores de risco à saúde. Este é o caso do Alto da Boa Vista e áreas altas da Tijuca, na encosta norte do Maciço da Tijuca, onde convivem bairros ricos e favelas. Outras regiões selecionadas por estes critérios possuem poucas alternativas de abastecimento, senão a rede geral de distribuição, que apresenta contaminação recorrente da água por coliformes fecais. Este é o caso de parte de Santa Teresa, Urca e Sepetiba, onde são freqüentes as queixas da população em relação ao serviço de abastecimento.

A concentração de flúor na água pode demonstrar a influência de águas provenientes de mananciais locais na rede geral de distribuição, já que estes não dispõem deste tipo de tratamento. Áreas com menor concentração de flúor (Alto da Boa Vista, Piedade e Santa Teresa) apresentam maior participação de pequenos mananciais na água distribuída à população (Figura 2.3), o que pode representar uma vulnerabilidade dos sistemas de abastecimento quanto à contaminação dos mananciais. Nestas áreas, diversos domicílios utilizam poços e nascentes como forma de abastecimento de água, segundo o censo de 1991. Esta alternativa vem sendo adotada por grande parte dos moradores das encostas do Maciço da Tijuca, onde existem algumas fontes locais de captação de água, sem tratamento para desinfecção e fluoretação. Estes pequenos sistemas são muitas vezes custeados pelos moradores locais.

A Figura 2.4 mostra a superposição das camadas de informação que representam a rede geral de abastecimento e a proporção da população que declarou no censo de 1991 ser suprida pela mesma rede. Ambas informações tratam de um mesmo tema, tendo, no entanto, diferentes significados por causa do instrumento de aferição utilizado. A comparação entre estas duas camadas permite a validação dos dados sobre abastecimento de água na cidade. Ambos desenhos cobrem, principalmente, a mancha urbana do município, observando-se a carência na cobertura

da rede principal nas áreas altas e de baixa densidade populacional, como os maciços da Pedra Branca e Tijuca. Segundo o mapa, podem-se observar áreas potencialmente cobertas pelo serviço, isto é, próximas à rede de distribuição de água, onde, no entanto, grande parte da população residente declara ser suprida por outras fontes de água, independentes da agência de saneamento. Estas áreas situam-se na Zona Oeste, Serra do Mendanha e Alto da Boa Vista. Neste caso, maiores investigações devem ser realizadas localmente para esclarecer a forma de abastecimento de água e as causas da recusa (por parte da população) ou do mau funcionamento (por parte da agência de saneamento) que levaram a esta aparente contradição entre informações.

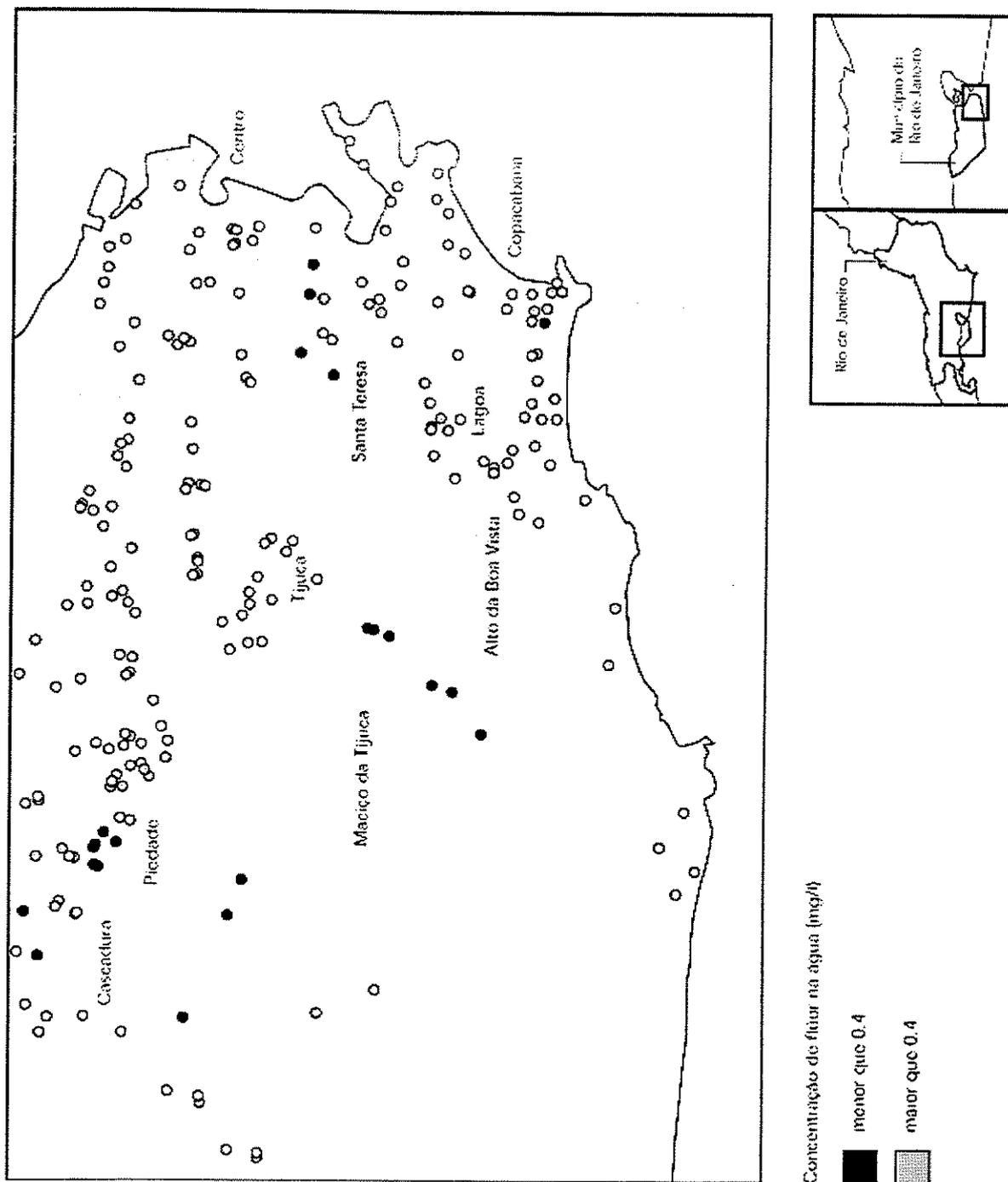


Figura 2.3 – Presença de flúor na água nos postos de monitoramento da rede de distribuição de água do Rio de Janeiro

Fonte : Barcellos e outros (1998)

No trabalho foi possível observar uma superposição de fatores que poderiam explicar a ausência de ligações de domicílios à rede geral em áreas da cidade submetidas simultaneamente à baixa qualidade do serviço e localização em áreas de pequena urbanização, presentes em áreas faveladas, mas, também, em áreas de bairros nobres onde as condições sócio-econômicas são melhores.

2.10 - Planejamento do melhor traçado de uma adutora

Segundo Ha et al (1999), no processo de planejamento, vários fatores como estabilidade hidráulica, propriedade econômica, aplicabilidade social e técnica devem ser considerados no melhor "layout" da rota de uma nova rede. Dentre esses fatores, a análise econômica e fatores hidráulicos são os mais importantes.

Para uma empresa de abastecimento, a informação geográfica é importante para o sucesso do planejamento e desenho do empreendimento porque mais importante que a caracterização do projeto é a determinação da geometria do sistema.

O modelo digital do terreno é de grande aplicabilidade no planejamento da rede de água, pois é possível analisar obstáculos artificiais e facilidades como contornos, córregos, ruas, reservatórios, bancos, escolas etc.

Estudou-se qual o melhor "layout" para a construção de um túnel destinado ao abastecimento de água em dois distritos na Korea.

Primeiramente, fez-se um levantamento de todos os fatores geográficos que interferem na construção do túnel (como por exemplo, valor do terreno que terá que ser desapropriado, interceptação de rios, lagos e etc.) sendo que para cada um desses fatores gera-se um mapa e atribui-se um peso.

Executou-se a operação entre os mapas, multiplicando os “pixels” de cada mapa ao valor do peso que foi atribuído a eles. Após isso, somou-se os “pixels” correspondentes para cada mapa. Os valores dos “pixels” que apresentaram os maiores valores, são as melhores áreas que o “layout” do túnel deve ser traçado.

2.11 - O SIG no controle de perdas

O controle da água não faturada nos abastecimentos urbanos é de relevância na gestão moderna dos recursos hídricos. Envolve além de aspectos puramente econômicos, outros, sanitários e ecológicos relacionados à qualidade da água e utilização dos recursos naturais. Apesar da relevância, a questão parece ainda estar fora do controle e, às vezes, do interesse das autoridades responsáveis pela gestão destes sistemas, resultando nos elevados índices de perdas observados na maioria dos sistemas.

Abandonar estes sistemas a alarmes naturais, que denunciam a presença de grandes fugas, não é cabível nos dias atuais, mesmo para países menos desenvolvidos. Deve ser estabelecido um conjunto de procedimentos de manutenção preventiva das redes de transportes e de seus acessórios. Sabe-se que os maiores responsáveis pelas perdas são os vazamentos nas redes de transporte e distribuição, e os erros na totalização dos consumos. Estes dois fatores somam em média 75% do volume total de água não contabilizado. Ao se pensar no programa de recuperação de perdas, sem dúvida os esforços iniciais deverão centrar-se nestas causas predominantes.

Deve ser lembrado, também, que as perdas por vazamentos crescem com o aumento das pressões e que flutuações excessivas destas durante as operações,

rotineiras ou não, podem comprometer o estado de seus elementos por processos de fadiga.

A observação do preceito de manutenção preventiva sem dúvida limitaria a presença das perdas nos abastecimentos. Embora essa seja uma condição desejável, está ainda longe de ser praticada adequadamente na maioria das vezes. As inevitáveis conseqüências são os elevados índices de perdas apresentados pela maioria dos sistemas de abastecimento de água. A ausência da prática preventiva aumenta a necessidade de práticas corretivas, ou seja, a implantação de programas de redução de perdas.

O SIG como ferramenta de gestão pode ser utilizado nos programas de prevenção e controle de fugas podendo atuar tanto como técnica preventiva como base para as técnicas corretivas. A estratégia de aplicação pode ser decomposta em: manutenção corretiva, manutenção preventiva, caracterização dos consumos e setorização.

2.11.1 - Manutenção Corretiva

Uma ação de manutenção corretiva é acionada ou pela operação do sistema ou pelo sistema de atendimento de clientes. Se a ordem procede da operação, deve ser acionado o modelo ou procedimentos de detecção de vazamentos para a localização exata do local da manutenção (também são ocorrência de defeitos em válvulas bombas e demais órgãos acessórios). Localizada a avaria, processa-se o reparo e atualiza-se o banco de dados e a base gráfica, para a posterior recalibração do sistema.

Se a ordem provém do sistema de atendimento ao cliente, surge da solicitação de um usuário, efetua-se a consulta à base de dados georreferenciada e gera-se uma

informação gráfica que contenha os elementos da rede que estão no setor e, se possível de outras infra-estruturas. O serviço efetuado deve ser cadastrado no banco de dados para posteriores estatísticas.

2.11.2 - Manutenção Preventiva

A manutenção preventiva se destina a evitar o mau funcionamento do sistema antes que esse ocorra. Em sua fase inicial, os programas de manutenção preventiva se baseiam em informações que o fabricante fornece a cerca de seu produto, que é quem primeiro estabelece a periodicidade das manutenções e o seu tipo. Estas informações ficam armazenadas num banco de dados que serão periodicamente atualizadas em função das estatísticas decorrentes das manutenções corretivas de um dado período.

Estabelecido e revisado o programa de manutenção, podem ser geradas automaticamente as ordens de serviço, reduzindo-se, significativamente, os tempos e garantindo a revisão periódica do sistema.

2.11.3 - Caracterização dos consumos

Para uma boa estratégia de controle de perdas é fundamental uma estimativa adequada da evolução dos consumos que a rede possa ter com o tempo. Esta estimativa pode ser obtida por duas técnicas:

- Por extrapolação dos dados existentes;

- Por modelos demográficos e econômicos;

No primeiro caso, se recorre ao banco de dados de históricos dos consumos lidos e faturados num determinado período de tempo. Os dados necessários para esta estimativa são:

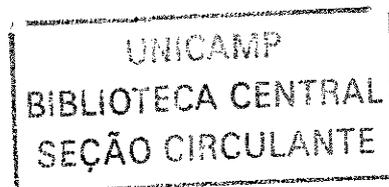
- Localização espacial dos consumidores;
- Identificação dos consumidores;
- Quantificação do consumo médio em função do tempo de cada consumidor;

No segundo caso, com o auxílio do SIG é possível definir com distintas características demográficas e econômicas que, juntas com os dados anteriores, possibilitam aplicação de modelos de previsão.

2.11.4 - Setorização

A setorização é a subdivisão do sistema em diversos subsistemas denominados setores, de forma a tornar as análises e investigações mais confiáveis e rápidas. Quando um setor está bem delimitado com apenas um único ponto de injeção, é possível proceder à análise isolada do setor para a detecção de fugas e localização de anomalias (rupturas, deficiência de pressão, etc).

2.12 - Aspectos Gerais de Implantação do SIG



Como observado anteriormente, existe uma deficiência de informação e de formação do corpo técnico local para uma adequada implantação de um SIG nos SAA. Nos SAA, em geral, poucos sabem realmente o que iriam obter da implantação de um SIG e quais as principais dificuldades que enfrentariam, fato que motivou o autor a elaborar este material para orientação de implementação de um SIG nestes sistemas. Este material é baseado em experiências bem e mal sucedidas de implementação de SIG. Algumas questões fundamentais são apresentadas na forma de pergunta e resposta:

1 - Por que o atual interesse das companhias de abastecimento no SIG ?

- hardware vem se tornando mais barato e poderosos;
- software vem se tornando mais barato e de fácil uso;
- tecnologia de conversão de dados estão disponíveis em diversos software atuais de conhecimento dos funcionários da empresa;
- os dados vem se tornando cada vez mais disponíveis;

2 - O que é fundamental se ter em mente ?

- SIG não é um software; é um sistema incluindo software, hardware, dados e pessoal;
- Um SIG não é um banco de dados pronto – o usuário é responsável pela a sua criação;

3 - O que é necessário definir desde o início ?

- Escala e precisão: antes do desenvolvimento dos dados, é importante definir a escala e a precisão que se necessita para o trabalho de planejar e gerenciar,

utilizando o SIG. É necessário definir uma escala e nível de precisão baseados na utilização do SIG e na reserva de orçamento. Em geral, a precisão aumenta com aumento de escala, assim como fazem os dados desenvolver os custos;

- Padrões de dados : os padrões devem ser escolhidos antes de se iniciar os trabalhos. Deve-se decidir o que se quer mapear exatamente e como será representado;
- Documentação dos dados: deve-se documentar tudo o que seja relevante a cerca dos dados e de suas fontes, registrar as definições de códigos e abreviações. Se um consultor estiver gerando banco de dados, deve-se ter a certeza de que lhe fornecerão a documentação necessária;
- Manutenção dos dados: sem uma adequada manutenção, os mapas e os dados estarão em rápida obsolescência. Deve ser estabelecido um sistema para a atualização dos dados, decidindo quem será o responsável pelas atualizações e qual a frequência das atualizações;
- Software: deve-se decidir pela escolha de um software de SIG total ou mínimo, como definido anteriormente. Nunca se deve definir qual é a melhor opção, sem antes, estar bem claro o que se quer com um SIG;
- Hardware: o hardware básico para aplicações gerais do SIG envolve computadores, mesas digitalizadoras, plotters e impressoras. Nunca se deve adquirir o hardware, antes que se saiba de maneira clara quais as aplicações que estão sendo utilizadas e seus tipos de dados;
- Tempo e pessoal: a implantação de um SIG envolve expectativas realistas de tempo e pessoal. Deve-se saber que a curva de aprendizado do SIG é íngreme e seu tempo deve ser adequadamente levado em consideração. Outro aspecto relevante são os salários. Os salários devem ser adequados para evitar o risco de perda de mão-de-obra qualificada;

4 - Quais os cuidados com a digitalização dos mapas?

Para se obter mapas digitalizados é necessário a transformação dos mapas em papel, para arquivos digitais. Em muitas cidades, não existem esses mapas em cartas de papel, sendo estes desatualizados ou não dispostos à atualização permanente que acompanham o ritmo das operações que ocorrem. Daí, pode-se concluir que o problema imediato não é a digitalização dos mapas, mas sim, o de montar procedimentos de levantamento e de atualização simultâneo com a digitalização. Os métodos tradicionais de confecção de mapas e atualização de bases cartográficas utilizam processos caros e demorados (ex: vôo, restituição, etc), exigindo que o trabalho seja feito em etapas. Essas etapas, geralmente, consistem da aplicação do processo inteiro em áreas parciais da cidade, em tempos defasados. O resultado é um mosaico em que parte da cidade está coberta por fotos aéreas, parte está sendo restituída, parte dispõe de desenhos atualizados em diversas escalas e etc. É difícil dispor de uma única planta, onde se pode registrar sistematicamente as alterações à medida em que ocorram. Além disso, os métodos tradicionais resultam em produtos, e nunca, em uma estrutura administrativa e procedimentos de manutenção dos arquivos atualizados.

5 - Como efetivamente implantar?

Uma das principais tarefas do SIG é interagir em toda a instituição. As informações devem ser compartilhadas, inter-relacionadas e utilizadas em conjunto pelos órgãos de administração, incentivando as integrações das atividades, eliminando duplicidade e divergência de informações, mantendo constante atualização da informação dos diversos setores. A fase de implantação do SIG dentro dessa filosofia deve ser marcada por objetivos a serem alcançados a curto, médio e longo prazo, que podem ser itemizados em:

Objetivos a curto prazo:

- avaliar a metodologia, recursos necessários, dificuldades, prazos e custos para otimizar trabalhos;

- implementar novas “ferramentas”;
- detectar dificuldades na correlação dos cadastros dos diversos setores para montagem de um sistema protótipo;

A médio prazo

- aquisição mínima de hardware e software para viabilizar esta etapa;
- criar um grupo para administrar, gerenciar e auditar o sistema, originando normas necessárias para o funcionamento;
- continuar o desenvolvimento de aplicação para usuários;
- iniciar padronização dos bancos de dados e definição dos níveis de acesso dos diversos usuários visando a integridade dos dados;
- envolver os demais órgãos da administração municipal, estadual e federal através de convênios;

A longo prazo

- elaboração dos decretos de numeração, logradouros, etc;
- adensamento da rede de marcos geodésios;
- aquisição de hardware e software para implementação definitiva de projeto;
- criação de convênios para fornecimento da base cartográfica e demais dados visando diluição dos custos de vôo e restituição;

6 - O que se deve e o que não se deve fazer ?

Algumas regras decorrentes de experiências de sucesso e de fracasso, na implantação do SIG em diversos sistemas, podem servir como guia para o início dos trabalhos de planejamento para implantação do SIG em abastecimentos. Na literatura são denominadas regras de sucesso e de fracasso para implementação do SIG:

Regras para o Sucesso:

- Pensar grande, começar pequeno e progredir em fases;
- Compatibilidade e cooperação – deve-se tirar proveito de acordos de troca de dados, manter compatibilidade de software e hardware com comunidades vizinhas, procurar utilizar software “populares” para se manter mais compatível possível com outros usuários e troca de informações técnicas;
- Ao contratar trabalho de SIG, ter-se a certeza dos direitos quanto aos dados (especificar em contrato), ao produto digital, estar seguro de receber a documentação dos dados detalhados, estabelecer dados e padrões de precisão antes do início do trabalho;
- Decidir como dirigir a atualização dos dados;
- Ter sempre as propostas revisadas;
- Considerar o nível de envolvimento desejado com a empresa (um consultor faz o trabalho inteiro, um consultor para treinamento e um consultor para construir ferramentas que tornem o uso do SIG mais simples);

Regras para fracasso:

- Comprar hardware e software sem pensar em pessoal, dados e aplicações;
- Menosprezar a curva de aprendizagem de software do SIG;

- Menosprezar o tempo para obtenção dos dados;
- Assumir que nada sairá errado;
- Ser totalmente dependente de uma pessoa ou de uma empresa;
- Não implementar planos de atualização de dados ou mapas;
- Se enganar na escolha do consultor do SIG;
- Fazer o pagamento da conta dos serviços e consultores antes de avaliar a qualidade do trabalho efetuado.

No capítulo a seguir será apresentado um estudo de caso de aplicação do SIG em um SAA, para exemplificar o que foi relatado anteriormente.

3 – Material e Método

Será apresentado um estudo de caso da aplicação do SIG no SAA do Campus da UNICAMP, Campinas – S.P, Brasil.

3.1 - Descrição do local

O abastecimento de água no Campus da UNICAMP é feito através de quatro poços, que estão localizados na Biologia, Educação Física, Ginásio Multidisciplinar e Instituto de Matemática, sendo que cada poço recebe o nome do local em que ele se encontra instalado. Além dos poços, recebe água também da rede concessionária municipal (SANASA) em quatro diferentes pontos: Triagem, CAISM, Reitoria e Teatro de Arena.

O sistema é composto por 19 reservatórios, sendo 8 elevados e 11 enterrado. Os sistemas de reservação que estão localizados no Instituto de Química, Engenharia de Alimentos, Biotério, Centro de Informação de Saúde da Mulher (CAISM), Reitoria, Genética e Triagem trabalham em conjunto com um reservatório elevado e outro enterrado. Existem dois reservatórios que estão construídos, mas não estão em operação no sistema, que é o reservatório que está localizado na área da Faculdade de Engenharia Agrícola e o próximo da Guarita que tem a saída para a PUC. A finalidade dos dois reservatórios é aumentar a capacidade de reservação do sistema.

A rede de abastecimento de água é composta em sua maioria de PVC e com diâmetro variável. A construção da rede de abastecimento de água na UNICAMP não é padronizada quanto à sua localização na rua.

3.2 - Modelo de Dados

Um primeiro passo a ser dado na aplicação do SIG é ter o conhecimento do resultado que deseja ser obtido com o uso do SIG.

Para o estudo em questão, o objetivo é ter uma ferramenta que seja um cadastro técnico georreferenciado de forma que forneça informações que dão suporte para um melhor gerenciamento das perdas no sistema.

Além dos dados técnicos dos componentes, no banco de dados também armazena informações sobre as ações realizadas sobre os elementos, datas de instalações e manutenções dos elementos.

A intenção é futuramente cruzar os dados da vida útil dos elementos com a sua localização e suas características. E à medida que essas informações são obtidas é possível praticar a manutenção preventiva na rede e conseqüentemente diminuir o índice de perdas e aumentando a eficiência do sistema.

Na Figura 3.1 é apresentado o modelo de dados orientado a objetos da aplicação em questão. Para os elementos da rede existe o campo específico para os dados cadastrais de suas características, dados importantes para uma eventual troca dos elementos, e datas de eventuais trocas ou manutenção dos elementos. O modelo apresentado armazena dados que gerarão informações da vida útil dos elementos em suas respectivas condições em que cada um se encontra. Por exemplo, para o objeto

Reservatório existe os campos para os dados cadastrais de suas características como os campos *Área_Res*, *Material_Res*, dados relevantes para a operação como *Nível_Máx_Res*, *Nível_Min_Res*, *Extr_Res* e dados referentes à manutenção do elemento como *Data_Últ_Insp_Res* e *Data_Inst_Res*.

Pode-se observar ainda na Figura 4.1, que o Objeto Elemento tem uma relação de especialização com os Objetos Reservatório, Tubo, Bomba, Válvula, Acessório e Hidrômetro. O Objeto Elemento tem uma relação de agregação com o Objeto Ação.

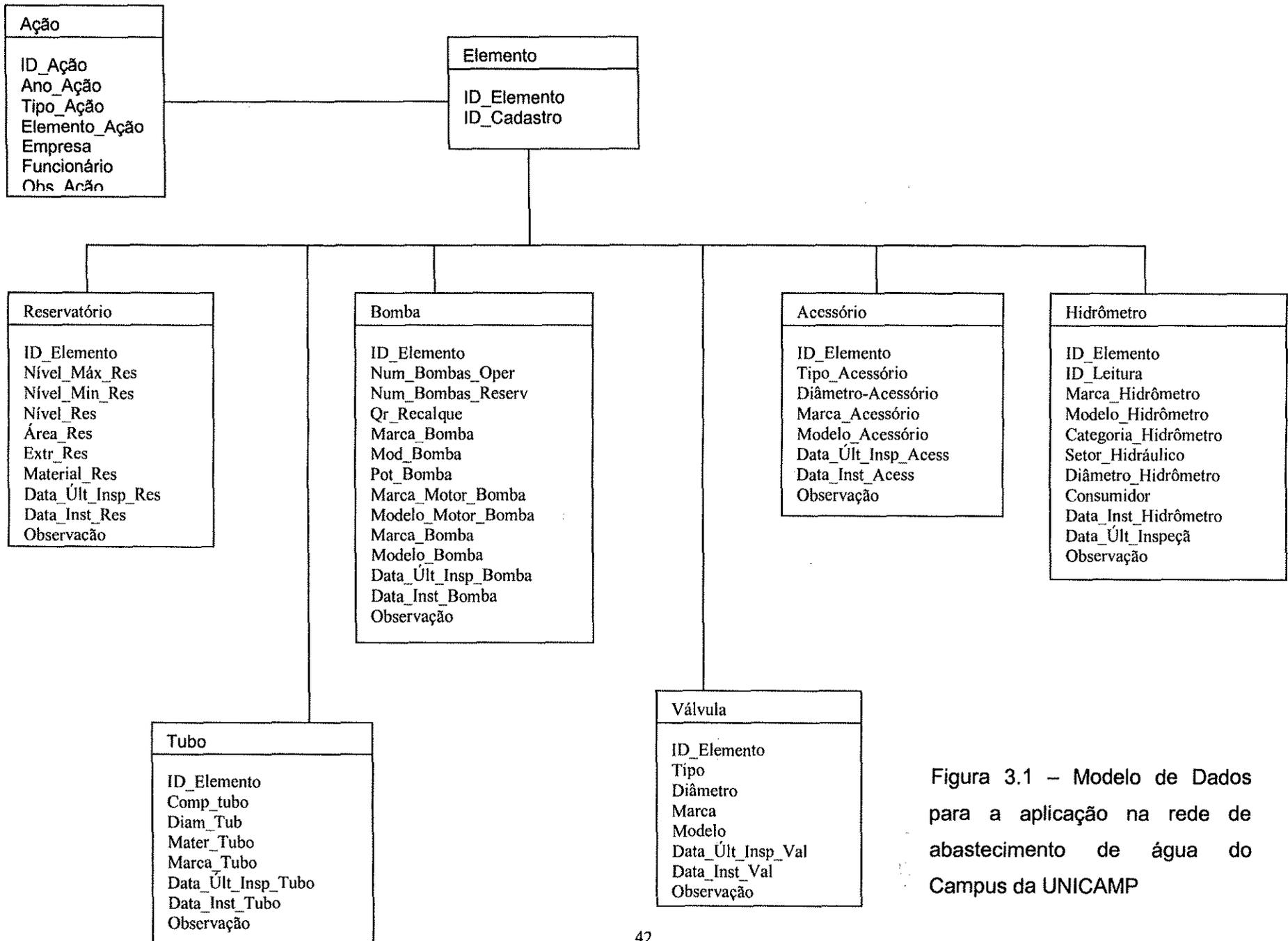


Figura 3.1 – Modelo de Dados para a aplicação na rede de abastecimento de água do Campus da UNICAMP

3.3 - Planejamento

Os conceitos sobre escala e precisão, padrões de dados, documentação dos dados, manutenção dos dados, software, hardware e tempo e pessoal devem ser definidos antes do início da aplicação.

Para o caso em questão, a escala e precisão não foram definidas anteriormente, devido ao fato da utilização da base do Campus da UNICAMP disponível.

Teve-se a intenção de mapear a rede de abastecimento de água representado por linhas de cor verde, os hidrômetros por pequenos círculos de cor vermelha, os reservatórios que foram representados de acordo com a sua forma real na cor azul, e o restante representado de acordo com a disposição na base (Padrões de Dados).

Para todos os dados inseridos, foi fornecido a sua fonte. Todas as medidas estão no Sistema Internacional de Unidades (SI). As datas apresentam-se no formato aa/aa/aaaa. Devida a baixa quantidade de dados disponíveis, as abreviações e códigos não foram estipulados.

O intuito deste trabalho foi apenas a de implementação do SIG, não cabendo neste momento comentar a manutenção dos dados. Porém, como comentado anteriormente, a manutenção dos dados é muito importante e deve ser criado um sistema de atualização e decidido quem deverá ser o responsável.

Escolheu-se o SIG AutoCadMap pois está disponível no Laboratório de Geotecnia da Faculdade de Engenharia Civil Arquitetura e Urbanismo e o autor tem domínio sobre o mesmo. O SIG AutoCadMap foi desenvolvido pela AutoDesk e trabalha especificamente com dados vetoriais.

Como todos os dados estavam em formato digital, não foi necessária a utilização de mesas digitalizadoras e scanners.

3.4 - Dificuldades Encontradas

A planta da rede de abastecimento de água estava no formato dwg e desatualizada (sendo a informação mais recente disponível), mas não estava georreferenciada.

Primeiramente georreferenciou a rede de abastecimento de água para sobrepô-la sobre a base digital da UNICAMP. O eixo das ruas e os limites das edificações não coincidiram com a base digital da UNICAMP. Como era de se esperar, a rede se apresentava deformada e não georreferenciada.

Como a base digital da UNICAMP é um dado mais preciso, utilizou-se ela para o traçado da rede de abastecimento de água. O mapa da rede mostrava o encaminhamento desta em relação às ruas e os prédios do Campus. Com a posse dessas informações, a rede e os seus elementos foram traçados na Base do Campus. Os reservatórios e a localização dos poços já estavam levantados na base com a sua forma e dimensão real.

Recentemente, foram instalados na rede de abastecimento de água, no campus, 110 hidrômetros. Foi fornecido um mapa com a localização dos hidrômetros, sendo que este mapa não estava georreferenciado e também as dimensões não estavam no seu tamanho real.

Para o lançamento dessas informações, novamente lançou-se os hidrômetros na base a partir da sua localização em relação aos prédios e ruas no Campus tomando como referência a planta fornecida.

4 - Simulação

Para exemplificar o funcionamento do sistema, realizou-se uma simulação com dados hipotéticos que será apresentado a seguir.

Dados da sistema, como diâmetro e material da rede, cadastro das estações elevatórias, leituras dos hidrômetros e etc, estavam incompletos por desconhecimento e não terem sido cadastrados. Esse é um dos problemas que o projeto propõe resolver dentro dos sistemas de abastecimento de água. Para a implementação e funcionamento do sistema, esses dados foram criados.

As figuras a seguir mostram a seqüência de passos para uma análise onde buscamos detectar regiões do sistema de abastecimento de água onde ocorra perda de água e tentando avaliar as possíveis causas.

A Figura 4.1 mostra a região do sistema e cada reservatório responsável pelo abastecimento. Foi retirado neste exemplo a região que é responsável pelo reservatório que está localizado nas proximidades da Engenharia Agrícola e está representado no mapa pela cor amarela. Toda a rede que recebe água deste reservatório também está representado pela mesma coloração do reservatório. A Figura 4.2 mostra a região ampliada que será analisada.

Na Figura 4.3 é ilustrada a estrutura de uma consulta que pede o valor de medição de todos os pontos que estão inseridos na região de abastecimento deste Reservatório. Na Figura 4.4 ilustra o resultado da pesquisa.

Na Figura 4.5 é apresentado como é coletado o dado de medição de vazão de um ponto que está instalado na saída do reservatório.

De posse desses dados da medição que estão armazenados no banco de dados e do ponto da saída do reservatório, é realizado uma comparação entre eles e verifica-se o índice de perdas da região. Neste exemplo o índice de perdas é alto, sendo em torno de 45%.

Esse índice de perdas pode ser causado devido a alta pressão na rede, tubos e equipamento antigos, execução mal feita da ligação entre os elementos, erro de leitura dos hidrômetros, etc.

Na Figura 4.6 é apresentado a estrutura da consulta analisando a idade da tubulação. A consulta consiste em saber quais são os tubos que têm idade maior do que oito anos. Como pode-se verificar na Figura 4.7, a tubulação que tem idade superior a 8 anos de idade é apresentada com uma linha mais grossa e na cor "cyan". Neste caso apenas um tubo na região em estudo apresenta idade inferior a oito anos de idade. Na Figura 4.8 aparece o resultado da consulta para a tubulação com mais de quinze anos e como pode-se verificar na figura, nenhuma tubulação apresenta idade superior a quinze anos pois nenhuma apresentou um traçado mais grosso e na cor "cyan". Portanto, a tubulação na região que está sendo analisada tem a idade entre 8 e 15 anos de idade com exceção de apenas um tubo. Com isso conclui-se que o motivo de perda de água não está relacionado com a idade da tubulação.

Agora é coletado a medida de vazão em alguns nós estratégicos na rede. Os pontos são apresentados na cor "magenta" na Figura 4.9, o que auxiliará para determinar o motivo da perda de água no sistema.

Através do sistema, pode-se coletar os dados rapidamente e verificar se em determinado local está ocorrendo perda de água. Por exemplo, conhecendo-se a demanda de vazão de um determinado nó da rede, o sistema permite visualizar quais são os pontos para onde a água caminha após a passagem por este determinado nó. Tendo os pontos, visivelmente, é possível coletar os valores de consumo diretamente nos pontos da rede. A consulta dos dados por essa maneira

descrita pode ser mais rápida do que fazer uma consulta dentro do banco de dados tendo como referência o endereço.

Com os dados de vazão dos nós que têm como identificação os números 50 e 64, que são apresentados na Figura 4.9, verifica-se que as perdas de água estão ocorrendo dentro das regiões por onde passa o fluxo de água após esses nós. Portanto, conclui-se que as perdas de água não estão ocorrendo por causa da pressão alta da região, pois a perda de água não está localizada na região próxima ao reservatório que o local de maior pressão na região e também neste local não é comum manutenção nos tubos, pois quase todos os tubos possuem mais de oito anos de idade. Pode inclusive, haver erro de leitura dos hidrômetros ou má execução nos ramais de ligação.

Uma outra função da ferramenta é o auxílio no planejamento do sistema. Com uma imagem satélite atualizada do local, podemos verificar para onde está crescendo a cidade, quais são os locais que necessitam de novas ligações etc. De posse da rede de água digitalizada e em cima da imagem de satélite, desenhamos a futura rede de água e podemos determinar qual o reservatório que irá abastecer as novas ligações, quais serão as novas demandas no sistema. Com o sistema cadastrado, teremos todas as informações necessárias para avaliar o reservatório e que pontos da rede de abastecimento terão capacidade de atendimento para as novas ligações. Na Figura 4.10 a rede que será ampliada está representada na cor vermelha.

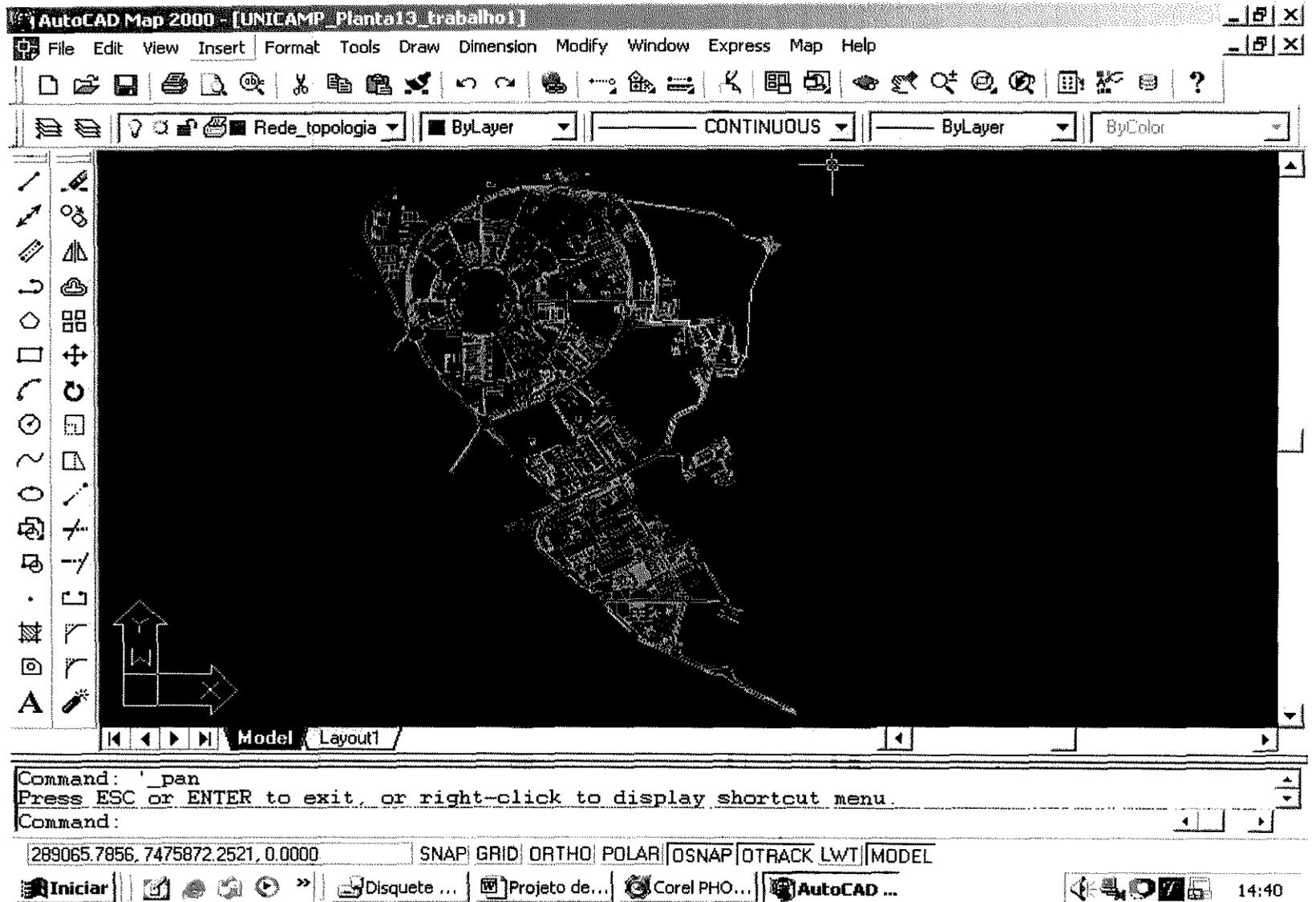


Figura 4.1 – Divisão da rede do SAA da UNICAMP em regiões

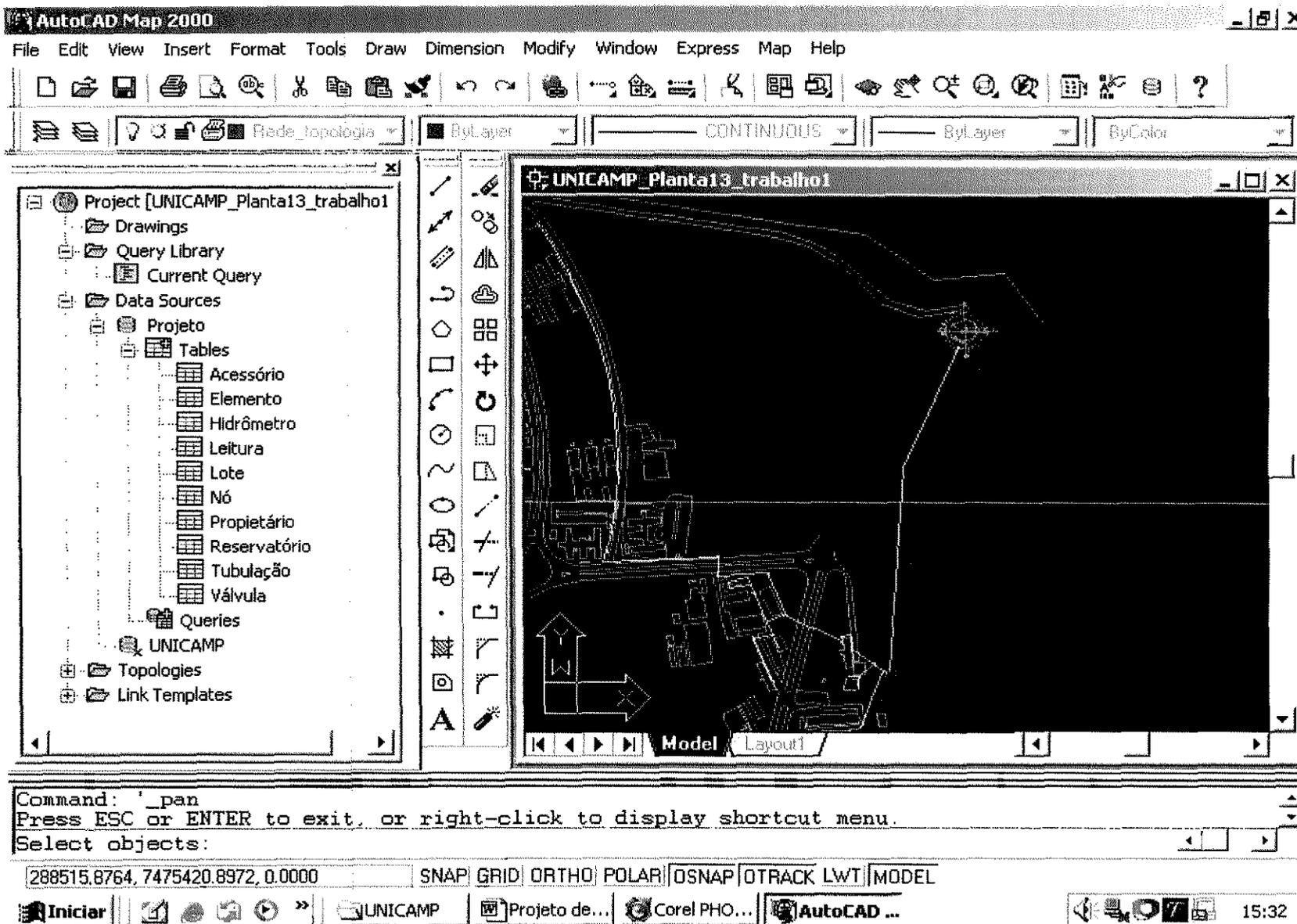


Figura 4.2 – A rede do SAA da Região da Engenharia Agrícola

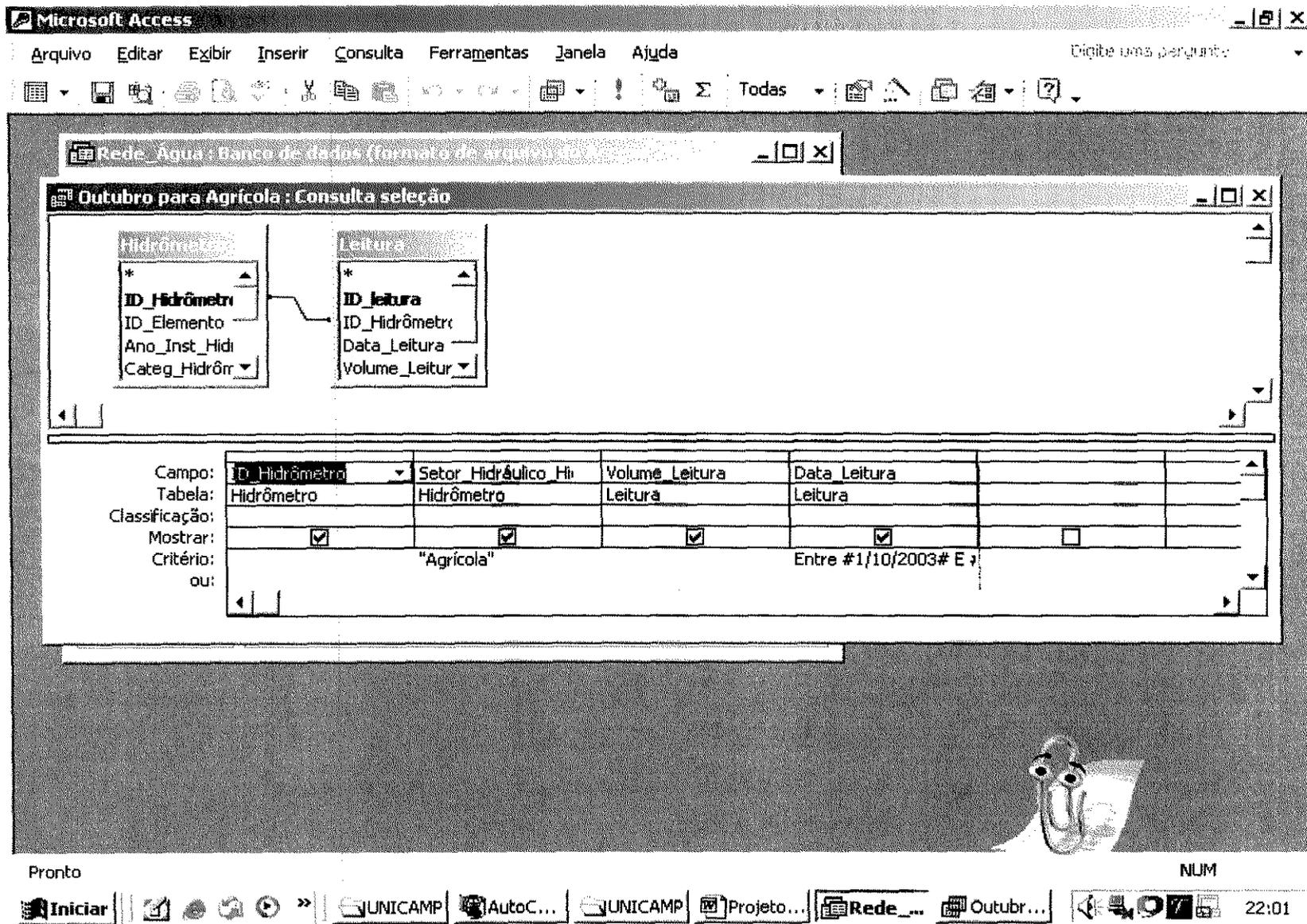


Figura 4.3 – Estrutura da consulta de consumo

Microsoft Access

Arquivo Editar Exibir Inserir Formatar Registros Ferramentas Janela Ajuda

Digitado uma página 9

Rede_Agua : Banco de dados (formato de arquivo)

Outubro para Agrícola : Consulta seleção

ID_Hidrômetro	Setor_Hidráulic	Volume_Leitura	Data_Leitura
871	Agrícola	80	10/10/2003
873	Agrícola	97	10/10/2003
879	Agrícola	112	10/10/2003
884	Agrícola	96	10/10/2003
442	Agrícola	77	10/10/2003
895	Agrícola	76	10/10/2003
897	Agrícola	55	10/10/2003
891	Agrícola	85	10/10/2003
909	Agrícola	75	10/10/2003
907	Agrícola	82	10/10/2003
914	Agrícola	85	10/10/2003
913	Agrícola	88	10/10/2003

Registro: 1 de 12

Modo folha de dados

NUM

Iniciar | UNI... | Auto... | UNI... | Proj... | Red... | Core... | Outu... | 22:02

Figura 4.4 – Resultado da consulta para o setor Agrícola

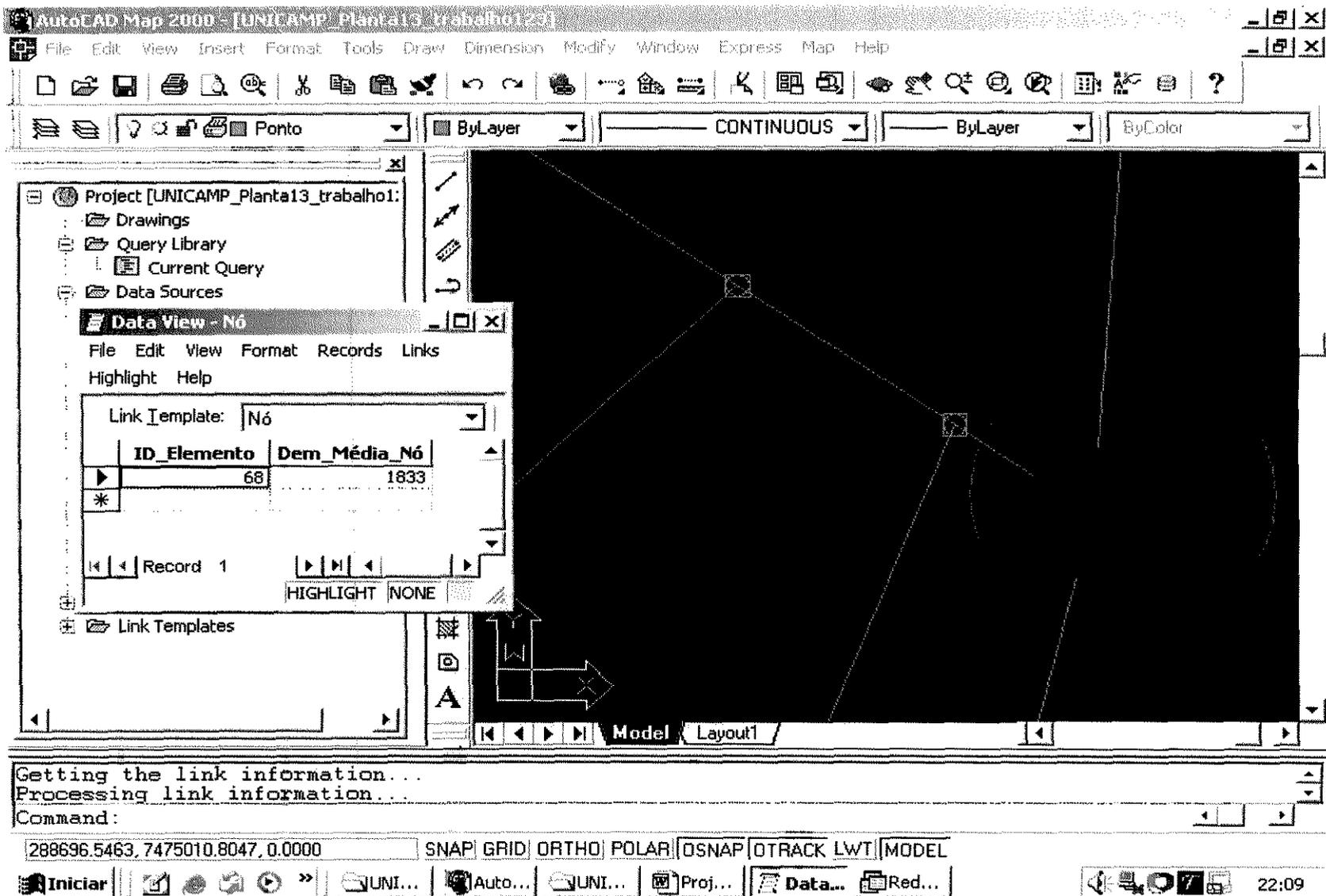


Figura 4.5 - Coleta de dado de medição de vazão de um ponto

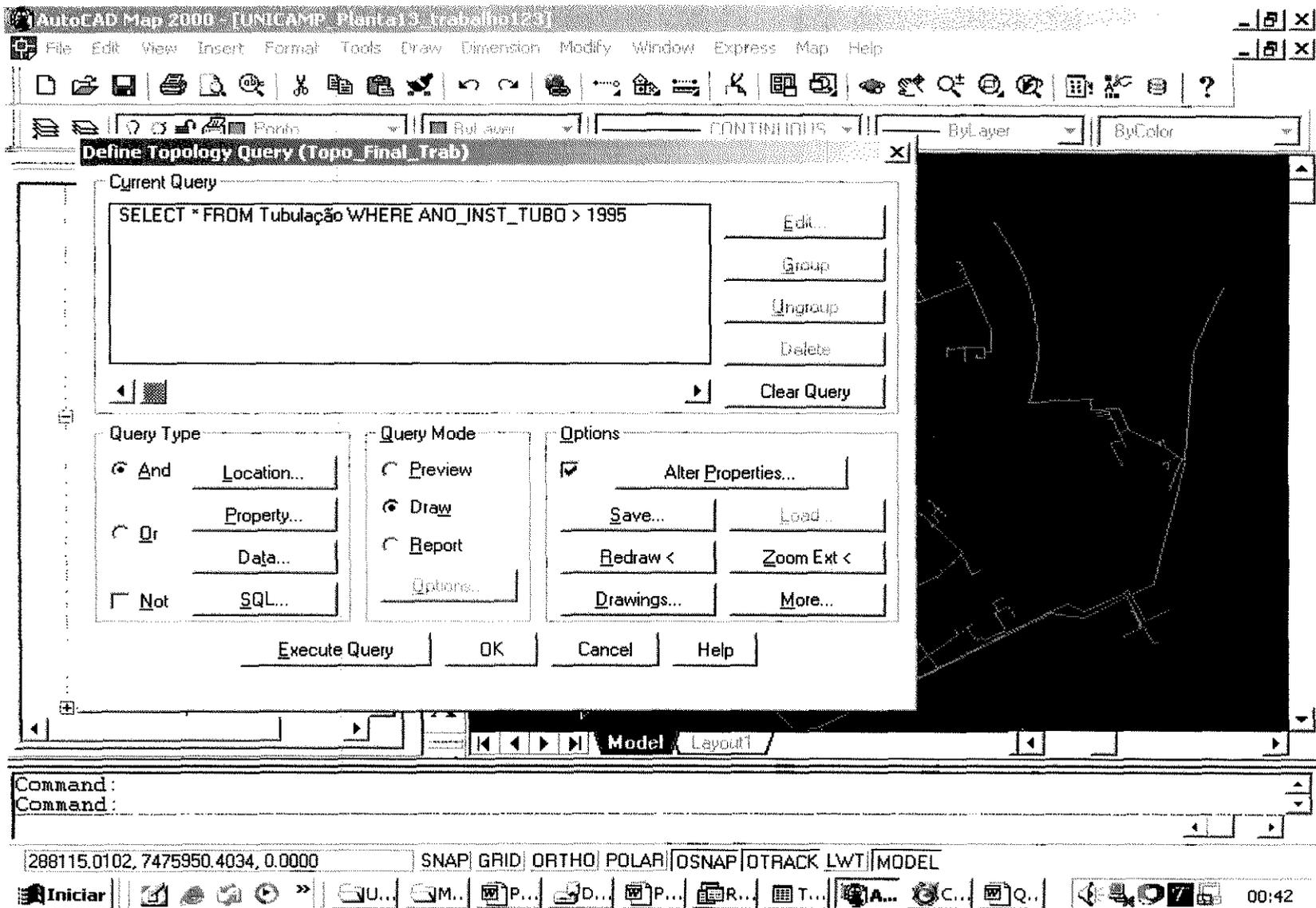


Figura 4.6 - Estrutura de consulta da idade da tubulação

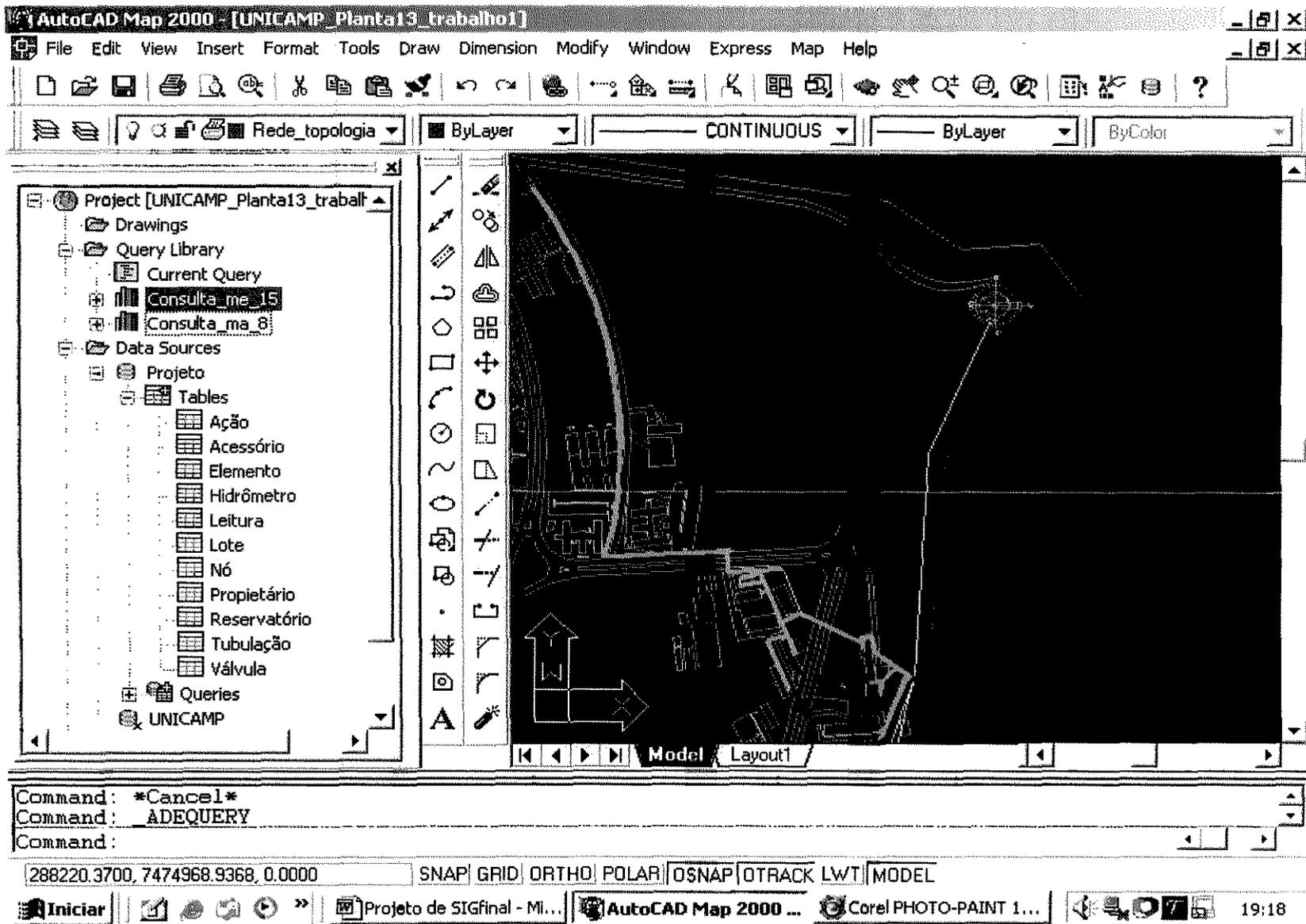


Figura 4.7 – Resultado da consulta de idade superior a 8 anos de idade

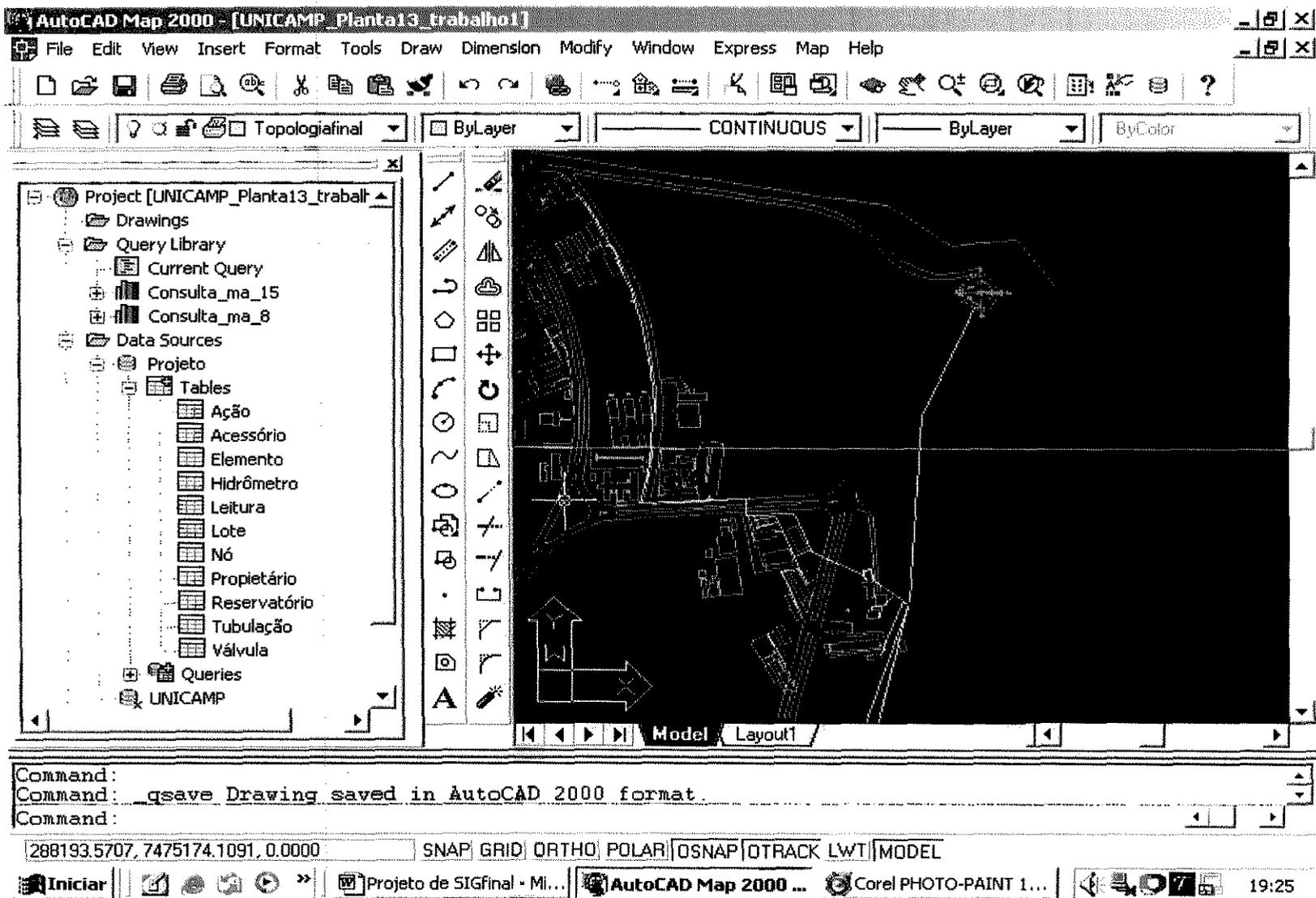


Figura 4.8 – Resultado da consulta de idade superior a 15 anos de idade

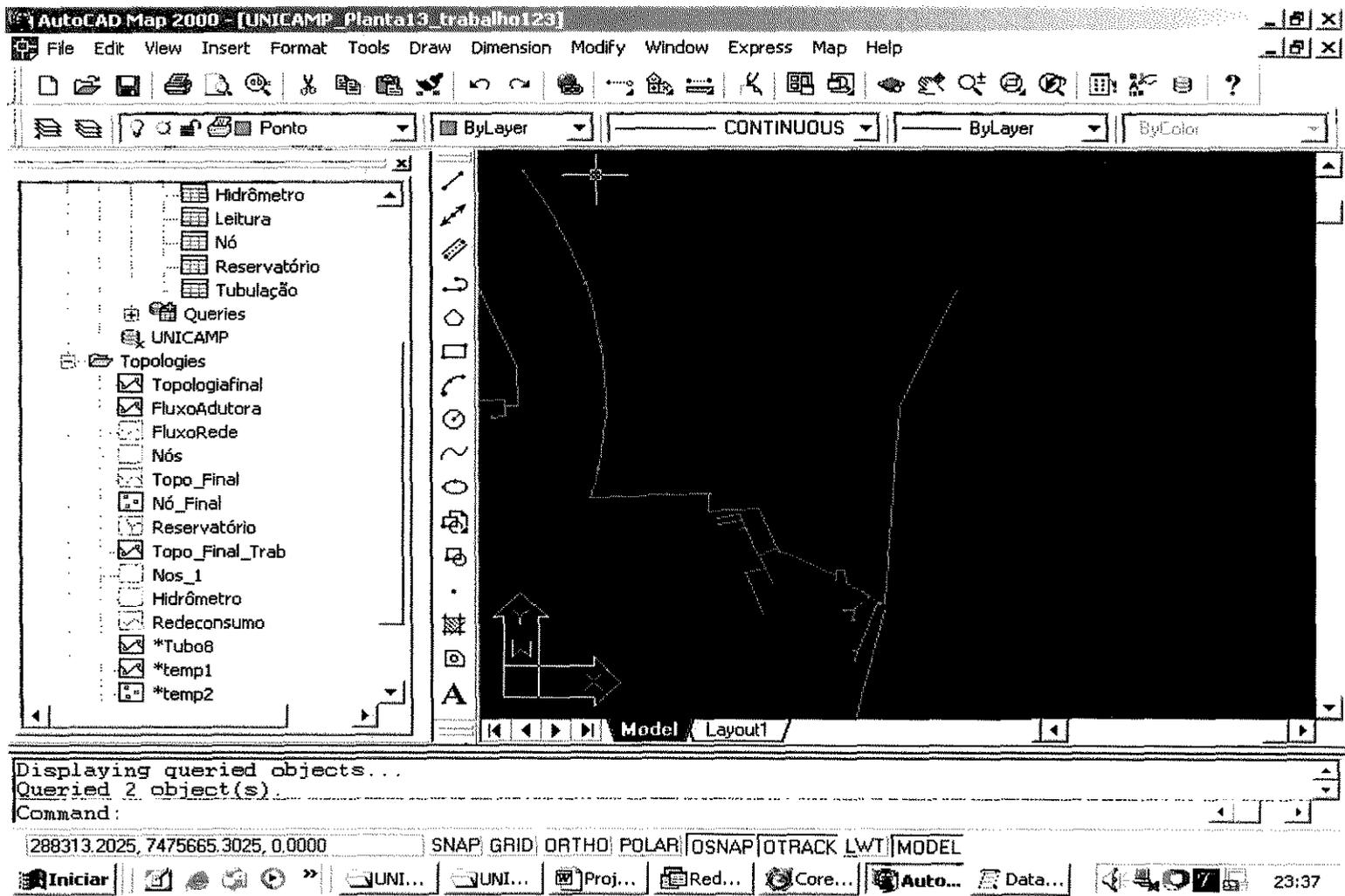


Figura 4.9 - Nós estratégicos na rede

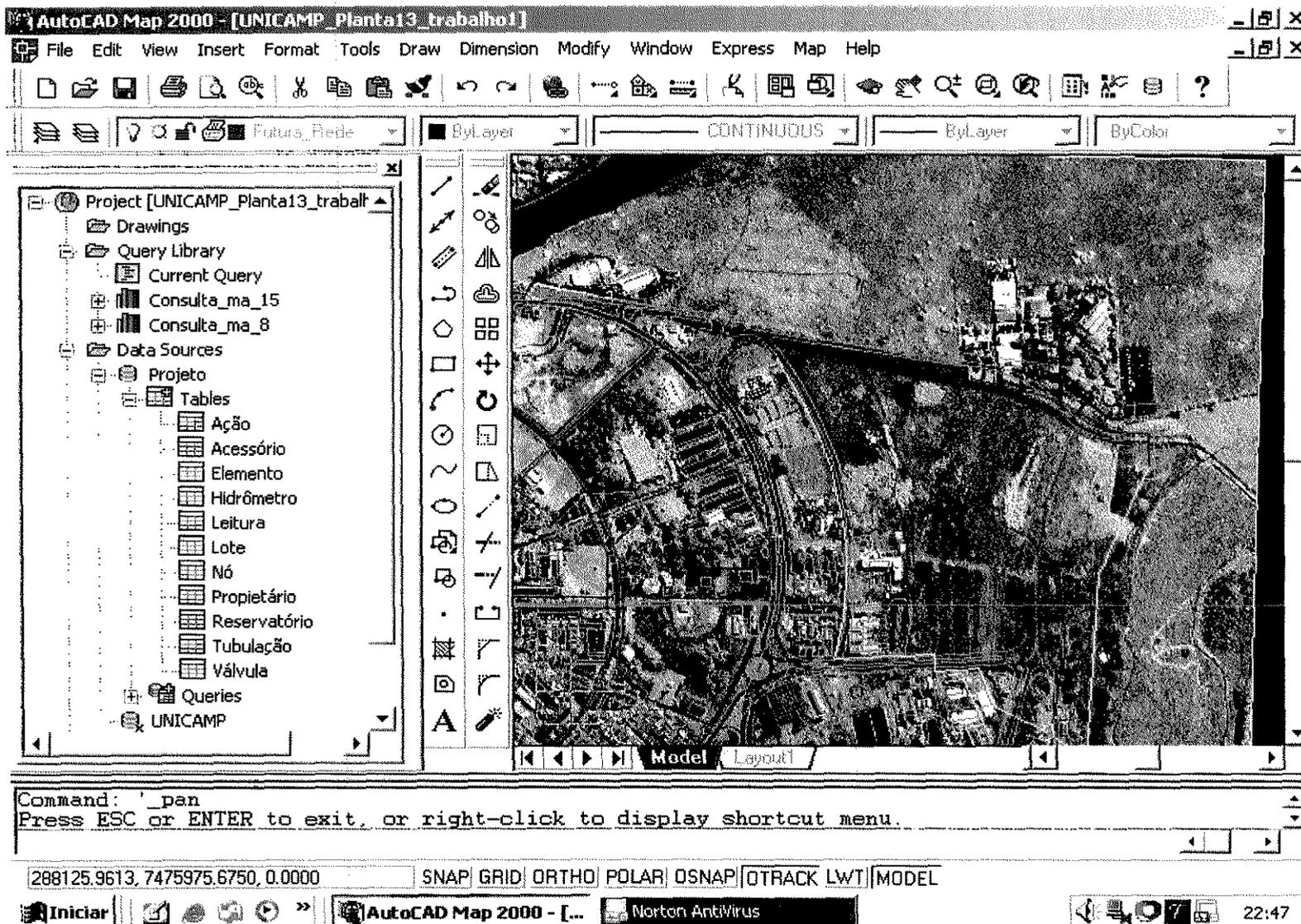


Figura 4.10 – Planejamento da rede do SAA da UNICAMP

5 - Conclusão

O objetivo deste trabalho é analisar a implantação do geoprocessamento como técnica de gestão em um sistema de abastecimento de água, sendo este realizado com base em informações que, de forma geral, são escassas nesses sistemas, dificultando inclusive uma aplicação mais generalizada.

A aplicação feita na rede da UNICAMP – Campinas – Brasil necessitou da adesão de informações inexistentes, mostrando a necessidade de uma mudança na cultura dos administradores desses sistemas.

Apresentou uma análise dos fatores que devem ser analisados antes do início da aplicação e criou-se uma estrutura de um banco de dados para aplicação. A metodologia apresentada fornece subsídios necessários para um adequado planejamento de implantação do SIG, em um sistema de abastecimento de água.

As consultas implementadas, tais como: idade da tubulação, leitura dos hidrômetros mostram o potencial da ferramenta SIG no controle operacional do sistema.

Por último, mostrou-se a aplicação do SIG numa possível expansão da rede, exemplificando sua utilidade no planejamento desses sistemas.

Foi mostrado que o SIG é uma poderosa ferramenta na gestão dos sistemas de abastecimento de água, mas para que se possa utilizar todo o seu potencial, a informação (pontual ou o seu fluxo) deve ser cuidadosamente planejada, fato que, leva a maioria dos sistemas de abastecimento a reverem suas estratégias de como as informações do sistema estão sendo armazenadas, pois sem as informações a tecnologia não poderá ajudar na administração desses sistemas.

6 - Bibliografia

6.1 - Bibliografia citada

1 - Assad, E. D., Sano, E. E. – Sistemas de Informações Geográficas - Aplicações na Agricultura – Embrapa-SPI/Embrapa-CPAC, Brasília – DF, 1998, 2ª ed, rev. e ampl. – pág. 1-99.

2 - Atkinson, S.F., Waller, W.T., Crooks, T.J. – Assessing Atrazine pollution potential to a drinking water reservoir using remote sensing and geographic information system modeling. – Aquatic Ecosystem health and Management, 2001 vol. 4, nº 3, pag. 327-338.

3 - Barcellos, C., Coutinho, K., Pina, M. F., Magalhães, M. M. A F., Paola, J. C. M. D., Santos, S. M. – Inter-relacionamento de dados ambientais e de saúde: análise de risco à saúde aplicada ao abastecimento de água no Rio de Janeiro utilizando Sistemas de Informações Geográficas. – Caderno de Saúde Pública vol 14, nº 3, Rio de Janeiro Julho/Setembro 1998.

4 - Camargo, Marcos Ubirajara de Carvalho e. – Sistema de Informações Geográficas como instrumento de gestão e saneamento. – Rio de Janeiro – RJ, 1997, 1ªed, 224p.

5 - Ferreira, C., Luvizotto Jr, E. – Aplicação do SIG na Gestão e Controle de Fugas em Pequenos e Médios Abastecimento de Água – Iniciação Científica - FEC - UNICAMP - 1999

6 - Ha, Sung Ryung., kim, Ju Hwan., Choi, Doo Yong. – Planning of water supply system using a computer assisted model – Water Supply, 1999 vol. 17, nº 3-4, pag. 431-436

7 - Reis, C. P., Gonçalves, J., Rodrigues, P. – Information systems for distribution management. National report Portugal. – Water Supply, 1998, vol. 16, nº 1-2

6.2 - Bibliografia consultada

1 - Bhering, E. M., Lisboa Filho, J., Calijuri, M. L., Souza, L. A – Sistema de Informações da Rede de Infra-Estrutura Sanitária de Cachoeiro de Itapemerim – ES – Informática Pública, Ano 4 nº1, junho de 2002, pag 71-88.

2 - Buzolin Jr., O (2001) - Sistematização para gestão de sistemas de abastecimento de água com auxílio do SIG - Dissertação de Mestrado - FEC - UNICAMP – 2001.

5 - Fagherazzi, Y. – Information systems for distribution management. National Report France. – Water Supply, 1998, vol 16, nº 1-2.

6 - Garcia, A.R. – Distinguishing aspects of the GIS for the management of water distribution networks. – Water Supply, 1998, vol. 16, nº 1-2.

7 - Iglesias, P., Martinez, J – Los sistema de información gográfica aplicada a los abastecimientos de agua potable, Curso de Gestión Sequias en Abastecimientos Urbanos, UIMP – Valência, 1997

8 - Keleher, M. – The use mapping information systems. – Water Supply, 1998, vol. 16, nº 1-2.

9 - Kwietniewski, M. – Information systems for distribution management. National Report Poland. – Water Supply, 1998 vol 16, nº 1-2.

10 - Mendes, C. A. B., Cirilo, J. A. – Geoprocessamento em Recursos Hídricos. Princípios, Integração e Aplicação. – ABRH, Porto Alegre, 2001,1ª ed, pág. 138.

11 - Porto, R. – Técnicas Quantitativas para o Gerenciamento de Recursos Hídricos – 1 ed 1997 – Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul

12 - Scherer, P., Phebey, T. – Geographical Information Systems. – Acqua 1995, vol. 44, nº 3, pag. 118-124.

13 - Shen, I. - Information systems for distribution management. National Report Chinese Taiwan. – Water Supply, 1998 vol 16, nº 1-2.

14 - Stalford, R. N., Lewis, K. V. – Case Study : GIS and Facility Management. – Public Works PUWOAH, April 1993, vol. 124, nº 4, pag 57-60.

15 - Tasakiris, G. Salahoris, M. (1992) – GIS technology for managment of water distribution networks- Water Supply System – State of the art and future trends – Computational Mechanics Plublications – pgs. 361-378-Southampton Boston – 1992

16 - Warren, R., Casey, R., Schindler, D. – Practical experience in the application and development of GIS and network modeling systems. – Water Supply, 1998, vol. 16, n° 1-2