

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

**Sistema de Informações Geográficas Aplicado à
Sistemas de Abastecimento de Água**

André Negrão de Moura

Campinas

2001

2001/6271



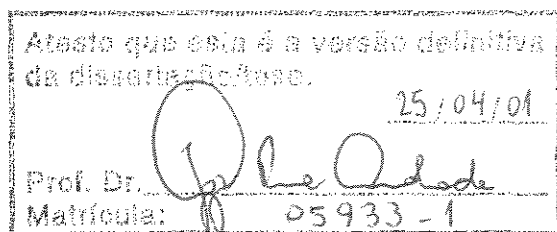
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

**Sistema de Informações Geográficas Aplicado à
Sistemas de Abastecimento de Água**

André Negrão de Moura

Orientador: Prof. Dr. José Geraldo Pena de Andrade



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

Campinas, SP

2001

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

M865s

Moura, André Negrão de
Sistema de informações geográficas aplicado à sistemas
de abastecimento de água / André Negrão de Moura . --
Campinas, SP: [s.n.], 2001.

Orientador: José Geraldo Pena de Andrade.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Civil.

1. Abastecimento de água. 2. Água - Distribuição. 3.
Sistemas de informação geográfica. 4. Hidráulica - Modelos.
I. Andrade, José Geraldo Pena de. II. Universidade Estadual
de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

**Sistema de Informações Geográficas Aplicado à
Sistemas de Abastecimento de Água**

André Negrão de Moura

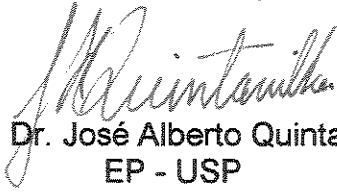
Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:



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



Prof. Dr. Edevar Luvizotto Junior
FEC - UNICAMP



Prof. Dr. José Alberto Quintanilha
EP - USP

Campinas, 16 de fevereiro de 2001

Dedicatória

Aos meus queridos e amados pais, João e Maria, por me trazerem a este mundo e nele ensinar-me a lutar.

À minha querida e amada esposa Adriana, pela ajuda, apoio, incentivo e paciência, que foram de fundamental importância na realização deste trabalho.

Aos meus queridos e amados filhos, Henry e Erik: saibam que, apesar da distância que nos separa, tudo que faço é pensando em vocês e este trabalho não foi exceção, nunca se esqueçam que os amo do fundo do meu coração e nunca os esquecerei.

Agradecimentos

Ao Prof. Dr. José Geraldo Pena de Andrade, pela oportunidade oferecida, pela amizade, conselhos, sugestões e orientação em todas as etapas do trabalho, bem como, pela confiança em mim depositada.

Ao Prof. Dr. Edevar Luvizotto Junior, pela gentileza em ceder o software SPERTS, para a realização do trabalho, pela amizade, incentivo, sugestões e orientação em todas as etapas do trabalho. Agradeço especialmente, por ter aberto mão de seu tempo e nunca ter se negado a me ajudar ao longo de toda minha estada nesta escola, pois foi sempre de grande ajuda , o fruto de nossas conversas.

Ao Prof. Dr. Roberto Ferrari Junior, do Departamento de Computação da UFSCar, pelas sugestões e orientações na etapa final do trabalho.

À minha esposa Adriana, pelo apoio não só moral, emocional, financeiro, mas também, pelo auxílio computacional, que foi fundamental para materializar a etapa de transferência dos dados entre o SIG e o MCSH.

Aos demais professores e funcionários, que contribuíram direta ou indiretamente para minha formação.

E finalmente, ao CNPq, pelo suporte financeiro durante o curso.

Eu ouçoEu esqueço
Eu vejoEu lembro
Eu façoEu compreendo

(Autoria desconhecida)

SUMÁRIO

	página
Lista de Tabelas.....	xv
Lista de Figuras.....	xvii
Lista de Abreviaturas.....	xxi
RESUMO.....	xxiii
1 INTRODUÇÃO.....	25
2 OBJETIVOS.....	27
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	29
3.1 Sistemas de Informação Geográfica (SIG).....	29
3.1.1 Origem do SIG.....	29
3.1.2 Componentes de um SIG.....	31
3.1.2.1 Hardware.....	32

3.1.2.2	Software.....	33
3.1.2.3	<i>Peopleware</i>	34
3.1.2.4	Bases Digitais de Dados Espaciais	36
3.1.2.5	Métodos e Procedimentos	37
3.1.3	Estrutura Interna de um SIG.....	37
3.1.3.1	Interface com o Usuário	38
3.1.3.2	Entrada e Integração de Dados.....	40
3.1.3.3	Funções de Processamento Gráfico e de Imagens	42
3.1.3.4	Visualização e Plotagem	44
3.1.3.5	Banco de Dados Geográficos	45
3.1.4	Erro, Acurácia e Precisão em Bases de Dados Digitais.....	49
3.1.4.1	Tipos de Dados.....	51
3.1.4.2	Tipos de Erros	54
3.1.4.2.1	Erros Associados ao Processo de Captura de Dados	55
3.1.4.2.2	Erros Associados à Edição De Dados	59
3.1.4.2.3	Erros Associados à Manipulação De Dados	61
3.1.4.3	Propagação e Efeito Cascata de Erros.....	62

3.1.4.4	Implicações dos Erros para o Usuário.....	63
3.1.5	Padrões de Intercâmbio de Dados	64
3.2	Modelo Computacional de Simulação Hidráulica (MCSH).....	66
3.2.1	A Integração SIG-MCSH.....	69
3.2.1.1	Representação topológica dos sistemas hidráulicos.	73
3.2.1.2	Conversão de dados	77
3.2.1.3	Exportação e Importação de dados.....	79
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	81
4.1	Materiais.....	81
4.2	Metodologia.....	84
4.3	Descrição do Estudo de Caso Executado.....	85
5	METODOLOGIA PARA PLANEJAMENTO E IMPLANTAÇÃO DO SIG.....	89
5.1	Informação: O que é o SIG e o MCSH?.....	91
5.2	Discussão: Onde se pretende chegar?.....	93
5.3	Decisão: Qual o melhor caminho para chegar lá?.....	97
5.4	Ação: Por onde começar?.....	102
5.5	Análise dos resultados: E quando chegar lá?.....	109

6 METODOLOGIA PARA SELEÇÃO E DIGITALIZAÇÃO DE DOCUMENTOS.....	111
6.1 Seleção de Documentos.....	113
6.2 Digitalização de Documentos.....	116
7 ESTUDO DE CASO.....	121
8 ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	131
8.1 Quanto às Metodologias.....	131
8.2 Quanto ao Estudo de Caso.....	132
9 CONCLUSÕES.....	135
10 RECOMENDAÇÕES.....	137
ANEXO I – VETORIZAÇÃO.....	139
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	141
BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA.....	147
ABSTRACT.....	149
GLOSSÁRIO.....	151

Lista de Tabelas

	página
3.1.4.2.1 Componentes do erro no processo de digitalização, com mesa digitalizadora.....	58
3.2.1.1.1 Informações relevantes e suas representações no SIG	74
5.3.1 Informações complementares sobre os elementos do SDA.....	100
5.4.1 Estimativas de custo de equipamentos para digitalização e serviços.....	107

Lista de Figuras

	página
3.1.4.1.1 Acurácia e generalização.....	52
3.1.4.1.2 Ilustrações	53
3.1.4.2.1 Erros de digitalização: ilustrações a) e b).....	58
3.1.4.2.2 Erros de digitalização: ilustrações c) e d).....	59
3.2.1.1 O SIG age como a ferramenta central para integrar sistemas de informação separados.....	70
3.2.1.2 Aplicação <i>PIPES</i> - Principais componentes.....	72
3.2.1.3 O Sistema e seus Subsistemas no Contexto Regional de uma Rede do Sistema de Distribuição de Água.....	73
3.2.1.1.1 Estrutura Básica de Dados – Elementos da Rede de Água.....	76
3.2.1.2.1 Fragmentação do elemento, para facilitar a transformação dos dados entre SIG e o MCSH.....	78

3.2.1.2.2	Esquema de identificação, para Fragmentação do Elemento.....	78
4.1.1	Divisão administrativa do Estado de São Paulo.....	82
4.1.2	Área Urbana da cidade de Cerquilha (escala 1:50.000).....	83
4.1.3	Arquitetura das redes de distribuição de água da cidade de Cerquilha (escala 1:50.000).....	83
5.1	Fundamentos da Metodologia P&ISIG.....	90
6.1	Fundamentos da Metodologia SEDIDO.....	112
7.1	Esquema representando a aplicação “FILTRO”.....	123
7.2	Fragmento do arquivo texto gerado pelo SPRING.....	124
7.3	Função de exportação de dados do SPRING.....	124
7.4	A representação pontual (1) apresenta o “falso nó” que contém o elemento “não tubo”, a ser representado linearmente a partir da fragmentação da representação linear (2).....	125
7.5	Fragmentação concluída – o elemento “não tubo” já está representado linearmente; o nó criado já foi rotulado e herdou o valor da coordenada Z.....	125
7.6	Os elementos lineares e pontuais recebem seus atributos (requeridos pelo SPERTS) do banco de dados do SPRING.....	126
7.7	Identificação dos elementos do SDA relacionados aos nós e suas respectivas localizações (montante ou jusante).....	126
7.8	Fragmento do arquivo texto gerado pela aplicação “FILTRO”.....	127

7.9	Fragmento (região x) do modelo hidráulico representado cartograficamente pelo SPRING.....	128
7.10	Fragmento (região x) do modelo hidráulico representado matematicamente pelo SPERTS.....	129
7.11	Vista geral do modelo matemático.....	130

Lista de Abreviaturas

BDDE - Bases Digitais de Dados Espaciais

CAD - Computer Aided Design

CCAuEX - Centro de Cartografia Automatizada do Exército

CCD - Charge Coupled Device

CD-ROM - Compact Disc - Read Only Memory

CD-RW - Compact Disc – Recordable and ReWritable

CD-WORM - Compact Disc - Write Once, Read Many

DAT - Digital Audio Tape

DIGEST - Digital Geographic Information Exchange Standard

DXF - Drawing Exchange Format

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

GDF - Geographic Data Files

GPS - Global Positioning System

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

MCSH - Modelo Computacional de Simulação Hidráulica

NTF - National Transfer Format

RAM - Random Access Memory

SAA - Sistema de Abastecimento de Água

SCE – Sistema de Coleta de Esgotos

SDA – Sistema de Distribuição de Água

SIG - Sistema de Informação Geográfica

SGBD - Sistema Gerenciador de Base de Dados

SPERTS - Simulador dos regimes PERmanente, Transitório e oScilatório

SPRING - Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas

UFSCar – Universidade Federal de São Carlos

RESUMO

Moura, André Negrão de. Sistema de Informações Geográficas Aplicado à Sistemas de Abastecimento de Água. Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, 2001. 156 p.. Dissertação.

A crescente escassez de água adequada ao abastecimento e a maior exigência de uma melhor qualidade na distribuição, por parte dos clientes e também pelos órgãos financiadores, estão forçando os Sistemas de Abastecimento de Água (SAA), a modernizarem toda sua estrutura administrativa, gerencial e operacional, levando-os inclusive a reverem seu real papel junto à sociedade. O presente trabalho, tem como principal objetivo apresentar e integrar duas ferramentas computacionais, SIG – Sistema de Informação Geográfica e MCSH – Modelo Computacional de Simulação Hidráulica, capazes de auxiliar na operação, gerenciamento e planejamento dos SAA, não importando seu porte, unificando todas as informações necessárias em uma única base de dados. O desenvolvimento do trabalho foi baseado num Estudo de Caso, tendo sido escolhido um pequeno SAA, que já dispunha de uma base de dados digital, a qual se tornaria o elo de ligação entre o SIG e o MCSH. A experiência profissional do autor, a revisão bibliográfica sobre o tema e o Estudo de Caso, permitiram formular duas

metodologias básicas sobre o assunto, que são destinadas aos SAA; a primeira, para planejamento e implantação do SIG e a segunda, para seleção e digitalização de documentos; permitindo validar o método, que compartilha a base de dados do SIG pelo MCSH.

Palavras Chave: Água, Gerenciamento, SIG e Simulador.

1 INTRODUÇÃO

Face à descontrolada degradação dos recursos hídricos, aliada ao constante crescimento das populações urbanas, tem-se como consequência inevitável a insuficiência de água nos mananciais, para o abastecimento público. A crescente ameaça da escassez de água em nossos mananciais, requer a implementação de novas técnicas gerenciais para seu uso, e neste contexto, as ferramentas computacionais são de grande importância.

Particularmente, os Sistemas de Abastecimento de Água (SAA), são os principais captadores e também os maiores responsáveis pelo desperdício da água retirada dos mananciais, portanto, é imprescindível que tais sistemas operem mais eficientemente, o que pode ser viabilizado com o auxílio de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e de Modelos Computacionais de Simulação Hidráulica (MCSH).

A gestão de um SAA, envolve o manuseio de grande quantidade de informações, provenientes de distintas fontes e naturezas. Estas informações, são tradicionalmente disponibilizadas ao gestor, sob diversas formas: planilhas, banco de dados, mapas, plantas de projeto, etc; sendo o SIG, uma forma moderna e eficaz de interligar estas informações às informações espaciais. Estes sistemas, permitem não somente relacionar dados de caráter geográfico ou espacial, com dados alfanuméricos, como

também, atualizar os dados de uma maneira simples, através de uma interface gráfica amigável.

A complexa operação dos Sistemas de Distribuição de Água (SDA), principalmente nas grandes cidades, requer igualmente o auxílio de ferramentas capazes de analisá-lo, possibilitando simulações para situações específicas (reais ou hipotéticas), fornecendo desta forma, alternativas operacionais, além de identificar as deficiências do sistema (atuais ou face à sua expansão) . Neste contexto, surge o MCSH como uma poderosa ferramenta computacional para auxiliar na gestão operacional do SDA.

Muitos serviços tem descoberto o valor do SIG para aperfeiçoar as operações do dia a dia. O SIG, pode ser usado, para encerrar modelos de redes do SAA e integrar outros, ligando diferentes tipos de dados, tal como imagens (*raster*) e vetores (desenhos *CAD*). A seleção espacial do SIG e ferramentas de exibição permitem ao usuário visualizar dentre outras informações: trabalho programado, andamento das atividades, problemas de manutenção, históricos, resultado se simulações do MCSH, gráficos diversos, etc.

Sendo o SIG uma ferramenta computacional, atual e amplamente empregada na integração de sistemas de informações, tradicionalmente separados, para gerenciamento e ajuda de tomada de decisões; nas mais diversas atividades humanas, tendo cada qual sua peculiaridade; faz-se necessário a definição das características básicas de sua base digital de dados, necessárias para sua aplicação num SAA, prevendo o futuro compartilhamento de suas bases de dados pelos MCSH, bem como, a outros sistemas, que venham a ser desenvolvidos, haja visto a grande e ainda crescente variedade de softwares existentes atualmente no mercado.

2 OBJETIVOS

O planejamento e implantação de um SIG num SAA, por si só, possui seus desafios intrínsecos e que crescem ainda mais quando pretende-se sua integração a outros sistemas. Particularmente, os desafios na integração entre um SIG e um MCSH, residem no compartilhamento das bases de dados, principalmente na entrada e saída de dados (SIG e MCSH) e na representação gráfica das simulações disponibilizadas pelo MCSH.

Face a tais desafios, este trabalho tem por objetivos:

□ Principais

- Propor metodologia para planejamento e implantação do SIG em pequenos e médios SAA, visando sua "harmoniosa" integração a um MCSH;
- Propor metodologia para seleção e digitalização de documentos e fontes de dados diversas, indispensáveis à "construção" das Bases Digitais de Dados Espaciais (BDDE);
- Fornecer material técnico sobre o assunto, visando facilitar o acesso dos pequenos e médios SAA a tais tecnologias; e
- Validar um método, que permita o compartilhamento da base de dados do SIG pelo MCSH, através de um Estudo de Caso.

Doravante serão admitidas, pelo autor, as seguintes definições quanto a dimensão do SAA:

▲ Pequeno – até 50.000 habitantes ou, 10.000 economias (i.e. unidades de consumo);

▲ Médio – entre 50.000 à 150.000 habitantes ou, entre 10.000 à 30.000 economias; e

▲ Grande – acima de 150.000 habitantes ou, 30.000 economias.

□ Secundários

- Possibilitar o emprego de ferramentas computacionais nacionais, como alternativa às estrangeiras atualmente empregadas; e
- Divulgar esta tecnologia, bem como, fornecer subsídios para futuras investigações sobre o assunto.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Sistema de Informação Geográfica (SIG)

3.1.1 Origem do SIG

Fazer mapas, remonta à origem das antigas culturas da Mesopotâmia e Egito. O mais antigo mapa conhecido, um mapa regional gravado em um tablete de argila, data de aproximadamente 2500 A.C.. Simples combinações de gravetos ou seixos, provavelmente foram usados, para ilustrar relações geográficas muito antes dos tabletes de argila ou papiro tornarem-se populares. Um monte de terra, uns poucos seixos e um pequeno sulco, feito com um graveto, podem ter ilustrado importantes trilhas ou locais de coleta de frutos e, podem desta forma, ter sido o primeiro sistema de informação analógico (STAR e ESTES, 1990).

Segundo STAR e ESTES, PARENT e CHURCH (1988) afirmam, que as origens do mais sofisticado sistema de informações, antecede o desenvolvimento em cartografia, eles referenciam meados do século XVIII, a produção da primeira base de mapas acurados como um importante ponto no desenvolvimento do SIG.

Segundo STAR e ESTES, PARENT e CHURCH destacam, que até o desenvolvimento de uma base de mapas de alta qualidade, a descrição gráfica acurada dos atributos espaciais não foi possível. Este desenvolvimento, foi seguido por uma rápida expansão do uso de mapeamento temático. A idéia de gravar várias camadas de dados espaciais, numa série de base de mapas similares, foi uma convenção cartográfica estabelecida no momento da Guerra da Secessão Americana (HARLEY *et al.*, 1978).

Os avanços em computação, cartografia e fotogrametria forneceram os fundamentos tecnológicos para os SIG automáticos, que surgiram nos anos sessenta. A estrutura conceitual, dentro dos sistemas de informação geográfica iniciais, foi implementada envolvendo indivíduos de diversas disciplinas. Três importantes fatores ajudaram a guiar a criação dos sistemas geográficos digitais nos anos sessenta:

- a) Refinamentos nas técnicas cartográficas;
- b) Rápido desenvolvimento nos sistemas de computação digital; e
- c) A revolução qualitativa em análises espaciais.

Ainda segundo STAR e ESTES, o primeiro sistema na era moderna a ser reconhecido como um SIG, foi o Sistema de Informações Geográficas do Canadá ou SIGC (PEUQUET, 1977), que foi desenvolvido especificamente para o Programa da Agência de Desenvolvimento e Reabilitação Agrícola do governo canadense. O principal propósito do SIGC, foi de analisar os dados do Inventário das Terras Canadenses, o qual foi coletado para encontrar terras marginais. Portanto, o primeiro SIG foi desenvolvido, para ajudar a solucionar um problema ambiental: a reabilitação e desenvolvimento das terras agrícolas canadenses.

Afim de dirimir eventuais equívocos, que possam surgir no decorrer deste trabalho, acerca dos sentidos que foram e que ainda serão atribuídos à sigla SIG, o autor acha por bem esclarecer, que somente no item 3.1.2.2 (deste capítulo), a revisão bibliográfica avalia o SIG como software, logo, em todos os demais itens e capítulos, exceto quando escrito explicitamente, deve-se subentender que o sentido da sigla, é o de sistema(s).

3.1.2 Componentes de um SIG

Os SIG são formados pelos seguintes componentes:

- Hardware;
- Software;
- *Peopleware*;
- Base Digitais de Dados Espaciais; e
- Métodos e Procedimentos.

3.1.2.1 Hardware

Segundo MEIRELLES (1994), o hardware é dividido em:

- Sistema central: composto por circuitos eletrônicos (chips), o principal deles sendo a Unidade de Processamento Central, responsável pelo gerenciamento de todas as funções do sistema. Um dispositivo denominado memória principal, ou central, armazena as informações que serão, ou que foram, processadas pela Unidade de Processamento Central; e
- Periféricos: destinados à concretização da comunicação entre as pessoas e a máquina. São eles: as unidades de entrada e saída, além da memória auxiliar, ou secundária, capaz de armazenar permanentemente os dados.

Dentre os equipamentos periféricos de interesse em geoprocessamento, pode-se destacar:

- Dispositivos de entrada de dados:
 - Manuais: teclado, mouse, mesa digitalizadora, digitalizador de imagem, caneta eletrônica; e
 - Automáticos: scanners, restituidores fotogramétricos, *CCD*, coletores de dados, *GPS*, teodolito eletrônico, modem.
- Dispositivos de saída: vídeo, impressoras, plotters, modem.
- Memória auxiliar: fita magnética (*DAT*, *streamer*, etc) disco magnético (rígido ou flexível), discos óticos (*CD-ROM*, *CD-RW* e *CD-WORM*).

3.1.2.2 Software

Segundo MEIRELLES, o software pode ser dividido em dois grupos de programas:

- a) Básico: Sistema Operacional; Ambiente Operacional, Interface Gráfica, Rede; Tradutores, Interpretadores, Compiladores de Linguagem; Linguagens de Quarta Geração ou Programas de Altíssimo Nível; e
- b) Aplicativo: programa escrito em uma determinada linguagem, na qual se utilizam os softwares básicos para uma aplicação específica (e. g., programas de cálculo, gerenciador de ordens de serviço, CAD).

Muitos são os softwares comerciais de SIG, atualmente disponíveis no mercado, como a aplicação de tal ferramenta não é voltada à um único objetivo, surge neste universo uma vasta gama de programas. Dentre os principais softwares, nacional e internacionalmente utilizados para aplicações em Sistemas de Abastecimento de Água, destacam-se:

- *ArcCAD*;
- *Arc/Info*
- *Arc View GIS*;
- *IDRISI*;
- *MapCad*;
- *SPRING*; e
- *StruMap*, etc.

A revisão bibliográfica sobre este tópico, evidenciou que os softwares são escolhidos basicamente (na maioria dos casos) em função das seguintes características:

- Menor custo;

- Facilidade de uso: interface amigável;
- Facilidade de conversão de dados espaciais; e
- Possuir as funções de análise e visualização requeridas.

Entretanto, duas características essenciais que deveriam ser consideradas no processo de escolha, por vezes, são mal consideradas ou mesmo ignoradas, sendo elas:

- Suporte técnico: o tempo de resposta, a disponibilidade de pessoal técnico para o atendimento e a existência de taxas, são fatores que podem dificultar, retardar e até encarecer a implantação do projeto, e que nem sempre recebe a importância devida;
- Taxas de manutenção de licença: nem todos os softwares são isentos de taxas deste gênero, pois mesmo adquirindo o produto (software), o usuário deve pagar uma taxa anual pelo seu uso e/ou o recebimento de atualizações de versão.

3.1.2.3 *Peopleoware*

MEIRELLES pressupõe, que a moderna hierarquia de sistemas, decorrente do processo de descentralização/distribuição e do envolvimento do usuário final no desenvolvimento, operação e responsabilidade pelos sistemas, acaba gradativamente incorporando os usuários à estrutura da área de informática, ou seja, com o avanço da informatização a distância entre analistas e programadores, para o usuário final, é cada vez menor tendendo a desaparecer, tendo como consequência a sobreposição dos dois grupos.

Segundo BURROUGH (1991), a disponibilidade de pessoal especializado em SIG, pode variar muito, pois depende do país e da organização. Este autor, divide o pessoal especializado em dois grupos:

- a) Baixa qualificação – indivíduos, que não tem que saber como o SIG funciona, mas que precisam operá-lo, alimentando com dados e garantindo a disponibilidade de resultados, dentre estes indivíduos, incluem-se: digitadores, operadores de computador, digitalizadores, etc; e
- b) Alta qualificação - os indivíduos deste grupo, podem ser divididos em quatro classes:
 - Gerencial - gerência diária do SIG e sua interação com resto da organização;
 - Ligação - estabelecem e mantém contato com usuários;
 - Técnica - sabem como o SIG funciona tecnicamente: cartógrafos, programadores, desenvolvedores de sistema, etc; e
 - Científica - cientistas e outros que usam o SIG, para suas pesquisas e, cientistas de computação, que podem desenvolver novos métodos aplicados ao SIG.

Segundo MENEGUETTE, é de consenso, que a equipe técnica deve ser inter, multi e transdisciplinar, composta por membros, cujas relações devem seguir uma hierarquia organizacional, sendo atribuídas a cada um deles suas funções e responsabilidades. A equipe pode ser estruturada segundo tais funções, em grupos de: aquisição, conversão, manutenção, controle de qualidade; gerenciamento do sistema físico; gerenciamento dos bancos de dados; pesquisa e desenvolvimento; treinamento e reciclagem de pessoal; além dos usuários internos e externos à organização.

Em se tratando de SIG, é indicado ter dentre seus técnicos, especialistas em: Informática, Análise de Sistemas, algumas modalidades de Engenharia (e. g., Cartográfica, Eletrônica, Elétrica, de Processo, de Produto), Geografia, Planejamento, etc. Cabe à equipe técnica a responsabilidade pelo bom andamento das atividades e pela própria reflexão crítica dos rumos, que o projeto SIG toma com o transcorrer do tempo, daí ser fundamental a organização investir na constante atualização e aperfeiçoamento do *peopleware*, além da preocupação em renovar o hardware, em sofisticar o software e dar manutenção as bases de dados.

3.1.2.4 Bases Digitais de Dados Espaciais

Segundo QUINTANILHA (1995), as Bases Digitais de Dados Espaciais (BDDE), são arquivos digitais provenientes da transformação de mapas e construídas segundo restrições específicas impostas pelo uso particular a que se destina esse arquivo digital. As restrições referem-se basicamente: à estrutura dos dados, ao modelagem do mundo real e à geocodificação. Este autor, conclui que uma BDDE, é uma base digital geográfica e cartográfica à qual se associou também uma topologia.

A concepção de BDDE denominada "modelo orientado a objetos" utiliza os conceitos de:

- ❑ Classificação (conjuntos de fenômenos espaciais);
- ❑ Generalização (classes de classes);
- ❑ Agregação (construção de fenômenos complexos a partir de outros mais simples);
- ❑ Associação (reorganização dos fenômenos em novas classes segundo diferentes critérios).

As BDDE, são constituídas de:

- ❑ Uma variedade de objetos espaciais dispostos nas categorias de células, pontos, linhas e áreas (ou polígonos);
- ❑ Representações *raster* e vetorial utilizadas para esses objetos; e
- ❑ Níveis de variação das relações topológicas entre os objetos espaciais.

3.1.2.5 Métodos e Procedimentos

MENEGUETTE afirma, que para se conseguir um melhor desempenho do SIG, é necessário definir métodos e procedimentos de entrada, processamento e saída de dados, de tal forma que: os dados inseridos na base de dados atendam aos padrões previamente estabelecidos; que seja evitada a redundância de informações; que o uso dos equipamentos seja otimizado; que a segurança seja garantida; que os trabalhos apresentem organização interna e principalmente, que os produtos de informação decorrentes do processo sejam condizentes com as necessidades de informação dos usuários.

3.1.3 Estrutura Interna de um SIG

Segundo ASSAD e SANO (1993), a estrutura interna de um SIG tem os seguintes componentes:

- ❑ Interface com o Usuário;
- ❑ Entrada e Integração de Dados;
- ❑ Funções de Processamento Gráfico e de Imagens;
- ❑ Visualização e Plotagem; e
- ❑ Banco de Dados Geográficos.

Estes componentes se relacionam de forma hierárquica. No nível mais próximo ao usuário, a interface homem-máquina define como o sistema é operado e controlado. No nível intermediário, um SIG deve ter mecanismos de entrada, de processamento, de visualização e de saída de dados espaciais. No nível mais interno do sistema, um banco de dados geográficos lida com os dados espaciais e seus atributos.

3.1.3.1 Interface com o Usuário

Parta BURROUGH, todos os SIG, são constituídos de complexos programas capazes de realizar diferentes tipos de operações, o que torna muito complicado para um usuário acompanhar esse complexo sistema, pela simples entrada de uma série de dados e em resposta ler afirmações saídas do computador. Conseqüentemente, os sistemas modernos adequadamente projetados, usam uma ou mais formas de interação, na qual o usuário pode efetuar comandos. Dentre as formas de interação, incluem-se:

- Menus - é o método mais simples, que facilita a seleção de comandos ou lista possíveis nomes de comandos, principalmente entre os usuários ocasionais;
- Interpretadores de Linguagem de Comando - é de uso corrente, principalmente entre os usuários de alta qualificação e usuários de sistemas, nos quais existem uma gama muito grande de opções e que são melhor servidos por um interpretador de linguagem de comando, sendo este, muito mais poderoso que o simples menu;
- Defaults - como existem muitas opções de escolha, o usuário pode ficar confuso a respeito de que modificador ou modificadores devem ser usados para uma determinada tarefa, conseqüentemente, o sistema deve ser projetado de tal maneira

que se o usuário não especificar exatamente o que é requerido, ele usará valores predefinidos dos parâmetros nos programas;

- **Help** - em decorrência da complexidade dos sistemas e constantes inovações de software e hardware, torna-se cada vez mais imprescindível a disponibilidade do help (ajuda) na grande maioria deles, inclusive do SIG; e
- **Windows** - é praticamente indispensável a disponibilidade de *windows* (janelas) nos softwares SIG, uma vez que nos sistemas gráficos interativos usados por eles, os monitores não podem exibir todos os detalhes de uma complexa base de dados na máxima resolução, conseqüentemente, muitos sistemas gráficos permitem o uso do *zoom* e mostram uma parte ampliada da base de dados. O *zoom* pode também ser combinado com outras operações, tais como isolamento ou corte de uma parte da base de dados para análises especiais, exibição ou atualização. Muitos sistemas tornam isto possível, para o usuário ter mais do que uma janela através da qual visualize a base de dados.

BURROUGH ressalta, que a fácil interação entre usuário e SIG requer um bom sistema de menus, um interpretador de linguagem de comando, ou ambos, enfatizando ainda, que atualmente a interação com o usuário é certamente considerada muito importante e que os códigos necessários para uma "interface amigável", pode bem ser a maior parte de um programa de computador.

KOENIG e KYLES (1995) ressaltam, que a aceitação do usuário é crítica para o sucesso da implementação de qualquer nova tecnologia e reconhecendo o papel da interface com o usuário em conseguir esta aceitação identificaram as seguintes características "amigáveis" :

- Uma interface com um sistema de alerta para guiar o usuário através da função;
- Uma interface que continua consistente entre aplicações e seus módulos;
- Uma interface que possa ser adaptada e realçada pelo usuário;
- Uma interface que forneça a ajuda on-line para os menus chave; e
- Uma interface que minimize a interação com o teclado.

3.1.3.2 Entrada e Integração de Dados

BURROUGH define a entrada de dados, como a operação de codificar os dados e inserí-los no banco de dados. Ressalta também, que a criação de uma base de dados é a tarefa mais importante e complexa, sobre a qual depende a utilidade do SIG. Este autor, define dois aspectos dos dados que precisam ser considerados separadamente pelos SIG: o primeiro destes, são os dados geográficos necessários para definir onde as feições gráficas ou cartográficas ocorrem; o segundo, os atributos associados que registram o que as feições cartográficas representam.

BURROUGH considera, que a entrada é feita através: da digitalização dos dados espaciais; entrada dos dados não espaciais, que são os atributos associados; e, da ligação dos dados espaciais aos não-espaciais. Este autor, alerta para a necessidade de realizar, em cada um destes estágios, a verificação apropriada dos dados e dos procedimentos de checagem, para assegurar, que a base de dados resultante está isenta de erros, uma vez que a criação de uma base de dados digitais é a tarefa mais importante, mais complexa e onerosa de um SIG e sobre a qual reside a utilidade do sistema. Uma vez, que ambos os tipos de dados, espaciais e não-espaciais, tenham sido inseridos no sistema, a operação de ligação entre ambos provê uma oportunidade ideal de verificar a qualidade dos dados.

Para ASSAD e SANO, dentre as principais formas de entrada de dados, podem ser citadas: digitalização, digitalização ótica e leitura de dados em forma digital (importação de dados em outros formatos).

A digitalização, ainda é a forma mais empregada, para a entrada de dados a partir de mapas, apesar de ser um processo lento e caro, pois envolve a digitalização das entidades, geração de topologia e identificação de cada objeto geográfico.

A digitalização ótica, através de scanners, vem sendo cada vez mais empregada, principalmente devido ao desenvolvimento de novas tecnologias que permitem uma melhor qualidade do produto final a um custo acessível.

A existência de dados em quaisquer outros formatos, deve sempre que possível, ser aproveitada quando da implementação de novos projetos, no desenvolvimento de interfaces com outros softwares, bem como, quando da migração para outro software SIG, haja visto, que são investimentos já realizados pela mesma ou por outra instituição, o qual podem responder por até 90% do custo do projeto (GUIDARA e QUINTANILHA, 1997). É sempre útil, consultar instituições sejam elas, municipais, regionais ou nacionais, tais como: INPE, IBGE, CCAuEX, dentre outras, pois a existência e a possibilidade de aquisição de dados sobre a área de interesse, pode reduzir os custos e antecipar o cronograma de um projeto. A importação de dados em outros formatos, é comum na grande maioria dos SIG, que diferem apenas nos formatos que cada um aceita. Dentre, os diversos formatos existentes, o *DXF* é normalmente, passível de importação e/ou exportação pela grande maioria dos SIG atualmente utilizados, mas que apresenta suas limitações como será adiante apresentado.

KLIMAS (1997) relata, o uso do *GPS* para aquisição de dados (num sistema de distribuição de água e coleta de esgotos), obtendo uma acurácia muito elevada : entre $1,77\text{ m} \pm 3,5\text{ cm}$; os quais foram posteriormente exportados para as plataformas *CAD* e *SIG*.

A integração de dados é fundamental, para aplicações em redes de água e esgoto, pois estas, estão interligadas em praticamente toda malha urbana e poucos sistemas conseguem armazená-las de forma contínua, dando origem a particionamentos, que não refletem a realidade e que dificultam a realização de análises e simulações.

3.1.3.3 Funções de Processamento Gráfico e de Imagens

TOMLIN (1990), divide o processamento de dados em:

- Operações - são atividades de processamento de dados distintas e bem definidas, as quais podem ser subdivididas em quatro tipos de operações principais:
 - Programação - são operações, que afetam o diálogo entre um usuário de um equipamento de entrada ou saída e a unidade de processamento de um computador;
 - Preparação dos dados - são operações associadas com o fluxo de dados do equipamento de entrada, através do computador, e finalmente para dentro da memória;
 - Apresentação dos dados - são operações associadas com o fluxo de dados do dispositivo de memória para a unidade de processamento, endereçada a algum tipo de mídia de saída; e
 - Interpretação dos dados - é o processo, no qual expressões de natureza geral e utilidade potencial, são transformadas em expressões de natureza mais especializada e utilidade atual num particular ajuste.
- Procedimentos - são quaisquer seqüências de duas ou mais operações que são aplicadas para dados significativos com intenção deliberada. Como unidades de atividade de processamento, procedimentos diferem das operações, na qual cada um envolve uma série de passos e é altamente adaptável no formulário.

BURROUGH, enquadra as funções de processamento gráfico, como transformação de dados, que segundo este autor, compreende duas classes de operações, isto é:

- Transformação necessária a remover erros da base de dados, para atualizá-los ou uní-los a outros conjuntos de dados; e

- A vasta gama de métodos de análises, que podem ser aplicados para os dados a fim de conseguir responder as questões requeridas ao SIG.

ASSAD e SANO concluem, que as funções de processamento gráfico e de imagem podem ser agrupadas de acordo com o tipo de dado tratado, e dentre as principais estão:

- Análise geográfica - permite a combinação de informações temáticas:
 - Superposição;
 - Ponderação;
 - Medidas (área, perímetro);
 - Mapas de distância;
 - Tabulação cruzada; e
 - Consulta ao banco de dados.
- Processamento de imagens - tratamento de imagens de satélite e de scanners:
 - Realce por modificação de histograma;
 - Filtragem espacial;
 - Classificação estatística por máxima verossimilhança;
 - Rotação espectral (componentes especiais);
 - Transformação *Intensity, Hue, Saturation-Red, Green, Blue - IHS-RGB*; e
 - Registro.
- Modelagem numérica de terreno - permite cálculo de declividades, volumes e cortes transversais:
 - Determinação do modelo (grade regular ou triangular) a partir de pontos esparsos ou linhas;
 - Geração de mapas de contorno (isolinhas);
 - Visualização 3D (com imagens e temas);
 - Cálculo de volumes; e
 - Análise de perfis.
- Geodésia e fotogrametria - permite a integração de equipamentos de fotogrametria e geodésia ao sistema:
 - Interface com restituidores fotogramétricos;

- Geração de ortofotos e ortoimagens; e
 - *GPS*.
- Produção cartográfica - sistemas para a produção de cartas.
 - Modelagem de redes - ainda segundo ASSAD e SANO, redes são estruturas lineares conectadas, que armazenam informações sobre recursos que fluem entre localizações geográficas distintas, onde, cada nó de cada arco tem características próprias, armazenadas no banco de dados.

3.1.3.4 Visualização e Plotagem

BURROUGH define a saída de dados, como a operação de apresentação dos resultados da manipulação dos dados, numa forma que possa ser entendida pelo usuário ou que permita a transferência para um outro sistema de computador, classificando ainda, os tipos de produtos de saída de acordo com a compatibilidade:

- Pessoal (cópia em papel) - é apresentada na forma de mapas, gráficos e tabelas; e
- Computacional (cópia temporária) - é apresentada na forma de fita magnética, *CD-ROM* e outros tipos de mídia, que possam ser lidos por um outro sistema ou que possam ser transmitidos por alguma forma eletrônica, tal como telefone, rádio, etc.

Assim como BURROUGH, STAR e ESTES apresentam a mesma classificação para os tipos de produtos de saída, a qual difere da de BURROUGH, apenas pelo detalhamento de cada um dos tipos.

Segundo MENEGUETTE, os produtos de informação podem ser apresentados como mapas, tabelas e figuras de variadas maneiras, empregando recursos tecnológicos, que vão, desde o monitor de vídeo de alta resolução (mapa virtual), passando pelo plotter, pelos dispositivos de saída mais recentes (*photoprinter*, *laserprinter*, *thermoprinter*), até o emprego de sistemas multimídia para integrar texto, imagem, som e voz, que são armazenados em discos óticos ou mesmo magneto-óticos.

3.1.3.5 Banco de Dados Geográficos

MENEGUETTE ressalta, que as bases de dados físicas, são compostas por arquivos onde os dados são armazenados, e quando às bases de dados são associados programas de gerenciamento, os quais permitem executar rotinas de manutenção e controle, o que resulta, são os bancos de dados. Segundo KORTH e SILBERSCHATZ (1989), os sistemas de bancos de dados surgiram no início dos anos sessenta e tem sido submetidos a profundas mudanças em seus conceitos e tecnologias. Basicamente, os sistemas de bancos de dados são concebidos para gerenciar grandes quantidades de informação, o gerenciamento dos dados, envolve tanto a definição de estruturas, para armazenamento, como a provisão de mecanismos para manipulação.

Tanto BURROUGH quanto STAR e ESTES, identificam as três principais estruturas de banco de dados, como sendo baseadas nos modelos :

- a) Hierárquico;
- b) Redes;

c) Relacional.

Segundo ASSAD e SANO, um banco de dados geográficos armazena e recupera dados geográficos em suas diferentes geometrias (imagens, vetores, grades), bem como, as informações descritivas (atributos não espaciais) de um SIG.

Tradicionalmente, os SIG armazenavam os dados geográficos e seus atributos em arquivos internos, sendo que tal solução foi substituída (na maioria dos SIG) pelo Sistema Gerenciador de Base de Dados (SGBD), o qual possui as seguintes características: apresentação dos dados numa visão independente dos sistemas aplicativos, além de garantir três requisitos importantes, que são a eficiência (acesso e modificações de grande volume de dados), a integridade (controle de acesso por múltiplos usuários) e a persistência (manutenção de dados por longo tempo, independente dos aplicativos que acessem o dado). O uso de SGBD, permite ainda, realizar com maior facilidade, a interligação de banco de dados já existente com o sistema de geoprocessamento.

Para MENEGUETTE, esta estrutura do SIG, se refere à maneira, pela qual os dados são estruturados e organizados, tanto com respeito a como estes devem ser manuseados no computador, quanto a como os dados são percebidos pelos usuários do sistema. É importante frisar, que os dados são relativos ao posicionamento, à topologia (relacionamentos) e aos atributos dos elementos geográficos (pontos, linhas e áreas representando os objetos sobre a superfície terrestre). A organização da base de dados é realizada pelo SGBD. O principal objetivo de um sistema gerenciador dessa natureza é o de propiciar um ambiente conveniente, rápido e eficiente, na recuperação e na inserção de informações no banco de dados.

Os SGBD, são responsáveis pelo controle da entrada, armazenamento, saída e recuperação dos dados pertencentes à Base de Dados, e que no tocante ao armazenamento dos dados, este pode empregar diversos meios (tais como: memória principal, memória em disco, dispositivos de fitas, etc), e está fortemente condicionado à estrutura dos dados.

ASSAD e SANO ressaltam, que devido à evolução e disseminação da tecnologia SIG, tornou-se necessário o desenvolvimento de novas e mais eficientes estruturas de banco de dados, tendo em vista, satisfazer à demanda do tratamento eficiente das bases de dados espaciais cada vez maiores, os referidos autores, apresentam como alternativas, que estão sendo estudadas (CATTELL,1991), os seguintes sistemas:

- Relacionais estendidos; e
- Banco de dados orientado a objetos.

KOENIG e KYLES relatam alguns aspectos a serem considerados num projeto de base de dados, para um SAA, dentre os quais:

- Suporte para opções de armazenamento "compartilhado" versus "distribuído" das fontes existentes de dados;
- Assegurar, que os dados comumente requeridos sejam facilmente e rapidamente acessados;
- Implementar um projeto que acomode funcionalidades usadas pelos principais SAA; e
- Antecipar a expansão dos dados, assim como a necessidade de expansão do SAA.

Outro aspecto extremamente importante a ser considerado, além do projeto da base de dados, é o fluxo dos dados dentro das “estruturas administrativas” do SAA, pois estas, são as responsáveis naturais pela coleta e manutenção de blocos de dados oriundos de suas atividades e, é imprescindível que tais dados “fluam” pelo SAA, ou seja, que circulem e sejam disponibilizados e compartilhados pelas demais estruturas administrativas do SAA, que deles necessitam para planejar, orientar, monitorar, diagnosticar, etc, suas atividades e investimentos.

KOENIG e KYLES enfatizam, que o coração de qualquer aplicação é o projeto de base de dados, sendo que, o projeto de base de dados do SIG deve esforçar-se para incorporar as características do "mundo real" do inventário físico do sistema. Ressaltam também, que para encontrar as necessidades do SAA, a equipe de projeto necessita conceitualizar o sistema, e projetar a aplicação do software com a

funcionalidade empregada, para uma ampla utilização no SAA, por fim concluem, que este processo ajudará a assegurar que um ótimo projeto de base de dados físico seja considerado.

MENEGUETTE relata, que nos últimos anos, com o aumento da utilização de SGBD, observou-se que estes não são completamente adequados, para processar a informação geográfica, o que ensejou o desenvolvimento e aplicação de alternativas, tais como os sistemas orientados a objetos. Para a modelagem de informação geográfica, que apresenta propriedades geométricas e topológicas, há duas abordagens distintas na organização dos dados no computador: a explícita e a implícita. A representação explícita significa que o objeto escolhido é construído a partir de uma série de células em uma matriz (*raster*), as quais são independentemente endereçadas com o valor de um atributo. A representação implícita (vetor) faz uso de um conjunto de linhas definidas pelos pontos iniciais e finais (os quais definem vetores) e alguma forma de conectividade, sendo que linhas e áreas são conjuntos de coordenadas interconectadas que podem ser ligadas aos atributos.

A evolução dos SIG, foi inicialmente caracterizada pelo emprego de estruturas de dados únicas (*raster* ou vetor), conceito este, que tem mudado nos últimos anos, pois é cada vez mais freqüente um software SIG poder operar com dados em ambas as estruturas e/ou que possuam conversores para elas. BURROUGH menciona que pode ser vantajoso ter os dados espaciais apresentados em ambas as formas, matricial e vetorial, particularmente quando dados lineares ou de limites necessitam ser representados por redes conectadas ou desenhados em um estilo particular e, os espaços no meio devem ser preenchidos com uma representação matricial de uma certa cor ou simbologia.

3.1.4 Erro, Acurácia e Precisão em Bases de Dados Digitais

RYBACZUK (1993) enfatiza, que até bem pouco tempo atrás, pouca atenção era dada ao reconhecimento, avaliação e solução dos erros associados com dados espaciais e seus atributos. Somente em meados dos anos oitenta, tiveram início as primeiras investigações mais abrangentes de sua influência sobre o SIG, bem como, uma maior atenção dada aos padrões de transferência de dados.

Assim como muitas inovações, a adoção e difusão do uso de base de dados espaciais, tem sido conduzida principalmente com dados que foram capturados de fontes secundárias, especialmente através da digitalização de mapas em papel, sendo que pouca ou nenhuma consideração era dada às potenciais "armadilhas" associadas com tais dados. Esta conduta, se devia em parte, ao desconhecimento dos problemas decorrentes dos erros e acurácia, aliado ao falso senso da autenticidade científica associada à tecnologia computadorizada e a suposição de que a precisão numérica de um computador, significava precisão numérica do dado do mapa digital.

Segundo FOOTE e HUEBNER (1999), as principais introduções neste campo foram dadas por: TOMLIN (1990), STAR e ESTES (1990) e CLARKE, Keith. *Analytical and Computer Cartography* (1990).

Atualmente é consenso entre os expertos em SIG, a importância que deve ser dada à qualidade dos dados, pois dela depende a utilidade do próprio sistema, não constituindo grande benefício ao usuário, principalmente aos SAA, a aquisição de bases de dados espaciais pouco acuradas, imprecisas e conseqüentemente com elevadas quantidades de erros, pois estes interferem reconhecidamente nos resultados de quaisquer análises ou processos que estejam envolvidos, podendo mesmo ditar o sucesso ou fracasso de um projeto de SIG.

Diferentes tipos de dados toleram variada margem de erro e acurácia, o que depende da natureza do projeto, para o qual eles serão empregados. Segundo RYBACZUK, MARK e FRANK (1989) consideram, que as diferentes percepções dos usuários para com a importância do erro e acurácia é baseada na combinação de sua consciência, experiência prática e cultura organizacional. RYBACZUK ressalta ainda, que a transferência de dados para o formato digital, assim como o material posicional, estão sujeitos ao erro humano.

FOOTE e HUEBNER ressaltam, que elevada precisão não indica elevada acurácia, nem elevada acurácia significa elevada precisão, mas ambos são caros, sendo que ambos, acurácia e precisão, são função da escala, na qual um mapa (papel ou digital) foi criado, aplicando-se igualmente às posições horizontal e vertical.

Apesar dos problemas acarretados pela falta de acurácia e precisão (especificamente posicional) dos dados cartográficos, nas Bases de Dados Digitais, eles afetam muito mais os processos internos do SIG (processamento; qualidade das análises espaciais; estatísticas; material cartográfico gerado; etc) que propriamente os resultados fornecidos pelas simulações do MCSH, pois este, “suporta” significativa falta de acurácia e precisão dos dados cartográficos, os quais certamente refletem nos resultados das simulações, mas normalmente pouco a impactam. Entretanto, alguns atributos dos elementos geocodificados requeridos pelo MCSH e, que comumente são estimados, estes sim, impactam mais significativamente os resultados das simulações.

3.1.4.1 Tipos de Dados

Segundo RYBACZUK, os dados espaciais podem ser divididos em dois principais grupos:

- a) Dados que representam a posição das feições espaciais: Mapas, levantamentos topográficos, e imagens aéreas e de satélite. Todos, apresentam algum grau de generalização, o que depende, da experiência e habilidade dos técnicos envolvidos nas etapas de captura e edição final dos dados; da acurácia com a qual foram obtidos; da precisão dos instrumentos usados; e da política predefinida (por uma empresa qualquer ou um particular) sobre acurácia e registro das feições. Atualmente o *GPS* tem proporcionado elevada acurácia posicional primária, entretanto a grande maioria do material geográfico existente, foi obtido através dos métodos convencionais e conseqüentemente menos acurados. A FIG. 3.1.4.1.1 ilustra um exemplo de generalização, onde diferentes tipos de solos, são generalizados quando se mapea uma área, mas tal generalização é vaga e graduada. Diferenças na escala permitem fina resolução, mas somente se o dado original foi coletado com fina resolução. Sobre este grupo de dados é importante estar consciente que:
 - Todos os dados topográficos são imperfeitas versões da realidade e da variação da superfície terrestre;
 - O grau da acurácia associada com as fontes de dados topográficos, depende dos métodos de aquisição e conversão, os quais incluem fatores como escala e política da empresa (pública ou privada); e
 - Representações temáticas, sugerem homogeneidade, para a totalidade da zona de coleta.
- b) Dados descritivos, estatísticos ou tabulares, pertencentes àquelas feições: Os dados estatísticos ou descritivos possuem suas próprias limitações de acurácia, seja

devido à sua faixa numérica quer nominal, ordinal, razão ou intervalo, seja pela maneira com que são usados nas bases de dados espaciais, tais limitações, são conseqüências de restrições técnicas, podendo em alguns casos, estar associadas a aspectos históricos da evolução do próprio SIG. Erros e generalizações, arrastados para dentro das informações posicionais, também afetam as informações tabulares e descritivas de maneira similar. Sobre este grupo de dados é importante estar consciente que:

- Qualquer comparação ou integração de tais dados estará propensa a um grau de falta de acurácia;
- Como os dados foram gerados e quais tipos de restrições foram aplicadas sobre eles em função do armazenamento dos dados espaciais; e
- Estimar os valores de um conjunto de dados a partir de um outro requer um conjunto de metodologias.

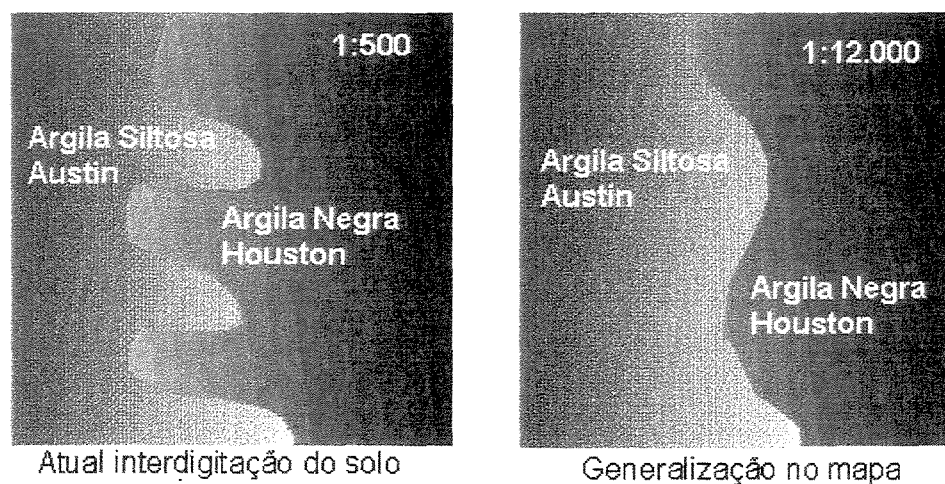


FIGURA 3.1.4.1.1 - Acurácia e generalização.

FONTE: FOOTE e HUEBNER, 1999.

Para FOOTE e HUEBNER, deve-se tomar cuidado com os riscos de falsa acurácia e falsa precisão, expressas nas informações de locação dos mapas, para níveis de acurácia e precisão superiores as quais foram criados. Sendo isto muito arriscado em sistemas computadorizados, onde os usuários dispõem de inúmeras opções de *zoom* e *pan* para um número infinito de escalas. Sendo, que acurácia e

precisão, são ligadas à escala do mapa base original e conseqüentemente, não mudam se o usuário aplica um *zoom*, para aumentar ou diminuir, entretanto o *zoom*, pode iludir o usuário dando a falsa impressão, que a acurácia e a precisão melhoraram. Tais autores ressaltam ainda, que os dados não espaciais podem também variar grandemente em precisão, sendo que o preciso atributo da informação, descreve os fenômenos detalhadamente. A FIG. 3.1.4.1.2 ilustra claramente o significado de acurácia e precisão.

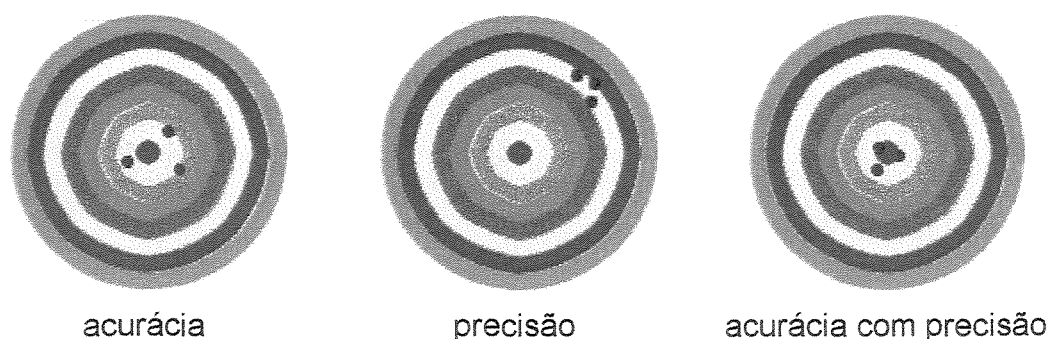


FIGURA 3.1.4.1.2 – Ilustrações

FONTE: FLATIRONS SURVEYING, INC., 2000.

Afim de esclarecer as definições da FIG. 3.1.4.1.2, tomemos como exemplo, um ponto qualquer no espaço, que possui suas coordenadas **reais** x,y e z, o qual será medido por um instrumento de medição qualquer, que fará sua captura para posterior registro numa mídia qualquer, logo:

- Acurácia – será o desvio entre as coordenadas medidas em relação às coordenadas **reais** do ponto, logo, quanto menor for o desvio, mais acurada será a medição;
- Precisão – será o desvio entre as coordenadas de cada medição, umas em relação às outras, independente de sua proximidade com as coordenadas **reais**, logo, quanto menor for o desvio, mais precisa será a medição; e
- Acurácia com Precisão – será o desvio entre as coordenadas medidas em relação às coordenadas **reais** do ponto e em relação umas às outras após certo número de medições, logo, quanto mais diminutos e repetitivos forem os desvios, mais acurada e precisa será a medição.

3.1.4.2 Tipos de Erros

Para BURROUGH, os erros podem ser divididos em três principais categorias:

a) Erros resultantes de fontes óbvias:

- Idade do dado;
- Área de cobertura;
- Escala do mapa;
- Densidade de observações;
- Relevância do Dado;
- Formato;
- Acessibilidade; e
- Custo.

b) Erros resultantes de variações naturais ou de medições originais: Segundo FOOTE e HUEBNER, apesar destas fontes de erro poderem não ser assim tão óbvias, uma cuidadosa checagem revelará sua influência nos dados do projeto, dentre tais fontes incluem-se:

- Acurácia posicional;
- Acurácia do conteúdo; e
- Fontes de variação no dado.

c) Erros que surgem ao longo do processamento: BURROUGH afirma, que os erros de processamento são os mais difíceis de serem detectados pelos usuário de um SIG, pois precisam ser especificamente observados e requerem conhecimento da informação e os sistemas usados para processá-las. Existem ainda, os erros súbitos que ocorrem de diversas maneiras e, são portanto, potencialmente mais traiçoeiros, particularmente porque podem ocorrer em múltiplos conjuntos de dados sendo manipulados num projeto SIG. Dentre os erros, que podem ocorrer nesta etapa, incluem-se os erros numéricos, que podem ser resultado de:

- Erros de arredondamento no resultado de operações, por estarem sujeitos aos limites inerentes da manipulação dos números pelo processo; e
- Processos defeituosos, tal como o problema matemático outrora identificado no chip dos Pentium™ Intel, o qual em certos cálculos produziam respostas erradas.

RYBACZUK ressalta, que se os dados são imperfeitos antes mesmo de sua entrada na base de dados SIG, então os processos responsáveis por suas transformações, somente servirão para ampliar o problema. Os erros geométricos e falta de acurácia dentro de bases de dados espaciais são geralmente cumulativos antes que absolutos, sendo que tais erros se formam dentro da base de dados através de vários processos de aquisição e manipulação dos dados.

Dentre os erros associados aos principais processos de tratamento de dados do SIG, encontram-se:

- Erros Associados ao Processo de Captura de Dados;
- Erros Associados à Edição de Dados; e
- Erros Associados à Manipulação de Dados.

3.1.4.2.1 Erros Associados ao Processo de Captura de Dados

RYBACZUK enfatiza, que existem essencialmente dois componentes envolvidos nos processos de digitalização, podendo estes ser definidos como erros "mecânicos" ou "inevitáveis" e "seletivos" ou "generalizados". O primeiro, relata a identificação física dos pontos em um mapa de papel com a mesa digitalizadora e o segundo, gira em torno da seleção de pontos representativos, quando digitaliza-se os limites de linhas ou áreas. A baixa gratificação e inexperiência do pessoal engajado

nesta tarefa, são apontadas como causas que favorecem tais problemas. A TAB. 3.1.4.2.1, apresenta os principais componentes do erro neste processo, já as FIG. 3.1.4.2.1 e 3.1.4.2.2, ilustram alguns destes erros.

Segundo RYBACZUK, o problema com os erros e falta de acurácia introduzidas neste estágio, é que eles são imprevisíveis e de natureza randômica, sendo improvável sua previsão, prevenção e remoção. O melhor que pode ser feito, é uma avaliação de suas limitações. Entretanto, dentre as possíveis soluções para tais problemas incluem-se:

- No caso de erros previsíveis, oriundos da mesa digitalizadora: Checar a acurácia do equipamento de digitalização, bem como, o alinhamento do material que está sendo digitalizado.
- Outras medidas para este estágio podem incluir:
 - A adoção de uma rígida política de como os dados serão preparados e introduzidos na base de dados SIG;
 - A melhoria de incentivos e do ambiente ergonômico, para os envolvidos no processo de digitalização; e
 - Rigorosa checagem, como parte de uma rotina pós digitalização.

RYBACZUK afirma, que a acurácia do material digitalizado opticamente, inicialmente dependerá do material fonte, entretanto, a acurácia deste processo de digitalização dependerá das técnicas usadas para transferência dos dados do produto fonte, para o produto digital.

São fatores determinantes da acurácia do processo de digitalização óptica:

- Fonte dos dados:
 - Qualidade cartográfica, entenda-se esta, como sendo dependente da acurácia posicional, da resolução espacial (i.e. o menor objeto que pode ser fidedignamente detectado em comparação à um fundo espectralmente contrastante e, referida como resolução efetiva do elemento), da escala e, da ausência de defeitos (borrões, rasuras, dobras, manchas, emendas, linhas mal

traçadas, etc) presentes no mapa ou em outro material, que seja utilizado como fonte de dados (MAGUIRE; GOODCHILD; e RHIND, 1991).

- Técnicas de amostragem:
 - Espaçamento da amostragem; e
 - Taxa espacial da amostragem.
- Resolução dos equipamentos:
 - Sensibilidade do detector; e
 - Taxa de ruído no sinal do detector.

Assim como na digitalização através de mesa digitalizadora, a digitalização óptica não pode garantir perfeição sendo inevitável o surgimento de enganos, pois o scanner não é capaz de discernir, onde começa ou termina a imagem, entretanto uma solução para esse problema, seria o emprego de um método automático ou semi-automático.

Soluções para os problemas de acurácia e erro associados com métodos de digitalização óptica, basicamente dizem respeito a três áreas:

- a) Melhoramentos técnicos referentes à resolução, taxa de amostragem e a velocidade do processo. Sendo que a resolução está subdividida em:
 - resolução da imagem, que é definida pelo número de *dpi* (*dots per inch*) - pontos por polegada quadrada – (i.e. a medida que indica a capacidade do equipamento de produzir uma imagem com determinada resolução), logo, quanto maior o número de pontos por polegada, maior será a resolução da imagem;
 - resolução espectral (largura da banda espectral), dada pelo número de bandas do espectro eletromagnético capturadas pelos sensores do scanner; e
 - resolução radiométrica, dada pela capacidade dos sensores do scanner de diferenciar os níveis de cinza do material fonte (mapas, cartas, etc).
- b) Fatores relativos a preparação e seleção do material, envolvendo uma atribuição humana, requerendo um rígido padrão de qualidade; e
- c) Melhoramento dos algoritmos para o pós-processamento e transferência do material escaneado para formato vetorial.

TABELA 3.1.4.2.1

Componentes do erro no processo de digitalização, com mesa digitalizadora.

Componentes do Erro	Causas	Consequências
Tecnologia	Projeto do software / hardware	Resolução
Visão	Individual	Feições inseguramente representadas
Movimento da mão	Individual	Feições inseguramente representadas
Habilidade operacional de treinamento	Companhia	Indesejável qualidade administrativa
Percepção e "inteligência"	Individual / Companhia ?	Linhas carregadas com muitos pontos
Escala	Material fonte	Feições pobremente representadas
Cópia e conversão	Individual / Companhia	Feições inseguramente representadas
Componentes físicos do mapa de papel	Material fonte	União imperfeita das juntas do mapa
Enganos	Individual	Feições inseguramente representadas

FONTE: RYBACZUK, 1993.

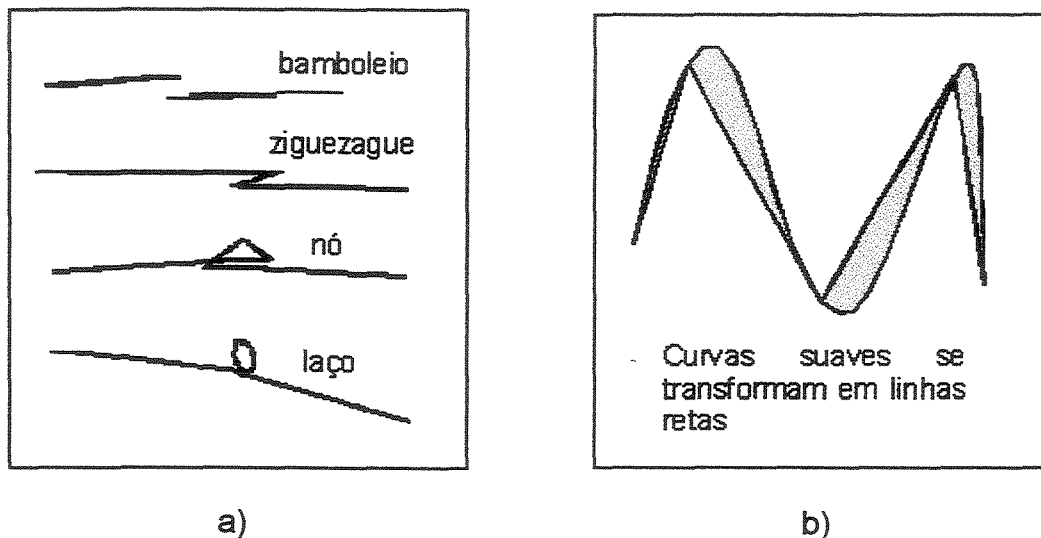
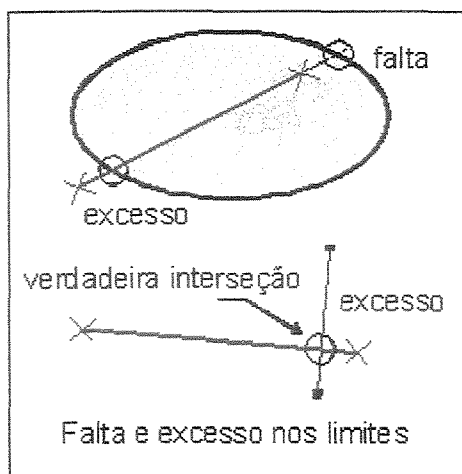
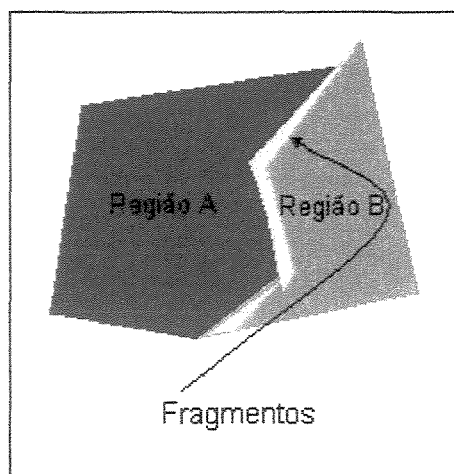


FIGURA 3.1.4.2.1 - Erros de digitalização: ilustrações a) e b).

FONTE: FOOTE e HUEBNER, 1999.



c)



d)

FIGURA 3.1.4.2.2 - Erros de digitalização: ilustrações c) e d).

FONTE: FOOTE e HUEBNER, 1999.

3.1.4.2.2 Erros Associados à Edição de Dados

Segundo RYBACZUK, para que os dados espaciais façam parte de uma base de dados estruturada, é necessário que estejam organizados dentro de um formato predefinido e assim se ajustem ao modelo de dados, através do qual o sistema "vê" o mundo real, sendo que esta compressão de dados para um formato aceitável frequentemente desvaloriza a acurácia deles. Logo, as falhas no estágio de captura dos dados, requerem o uso de uma variedade de rotinas de softwares fornecidas pelos próprios SIG, onde tais softwares, normalmente contam com o uso de uma tolerância,

definida pelo usuário, a fim solucionar os problemas de encontro geométrico em dados espaciais posicionais.

As rotinas automatizadas, requerem uma adequada tolerância de distância, dentro da qual, a ação é realizada, entretanto, selecionar tal tolerância é um processo delicado, pois se a faixa é muito pequena muitos erros permanecerão ao passo que sendo muito grande, poderá distorcer seriamente as feições geométricas. Muitos usuários simplesmente aceitam a "remoção dos erros", que os processos promovem.

RYBACZUK ressalta, que em muitos aspectos, os SIG adotam um determinismo tecnológico com respeito a seus usuários, pois "a tecnologia requer que o dado exista num formato rígido e, se eles falham para encontrar um critério, a tecnologia fornecerá a solução". Conseqüentemente, a operação de edição de dados é feita "a portas fechadas" usando rotinas que podem distorcê-los, portanto, a única decisão que usuário pode tomar é o tamanho da tolerância a ser usada, o que em muitos casos, é raramente avaliado com relação à depreciação dos dados originais.

Logo, a tolerância é apenas uma característica de checagem que o SIG pode oferecer ao usuário, estas operações não relatam a acurácia dos dados, mas apenas as necessidades do software.

RYBACZUK pressupõe, que dentre as possíveis soluções para os erros associados à edição de dados, incluem-se:

- Primeiramente, o usuário deve optar entre a acurácia desejada e o tempo, para eliminar os problemas de interseção. O método mais fácil e rápido é a adotar grandes tolerâncias, que rapidamente removerão a maioria dos erros, mas que podem distorcer as feições geográficas, tal método, certamente não é recomendado para usuários que consideram a acurácia fundamental para seu projeto, devendo estes, estar cientes dos potenciais riscos associados com a retificação automática fornecida pelo SIG;

- Uma política efetiva e compreensiva na checagem das feições e consistência necessária, a ser adotada, para assegurar, que os enganos possam facilmente ser corrigidos; e
- Realizar testes de desempenho, das ferramentas de edição de dados disponibilizadas pelos SIG, antes de iniciar seu uso, principalmente face às constantes evoluções de tais propriedades.

3.1.4.2.3 Erros Associados à Manipulação de Dados

Segundo STAR e ESTES, os erros lógicos podem causar incorreta manipulação e análises topológicas dos dados.

RYBACZUK ressalta, que as operações de integração de dados, e como consequência das técnicas de sobreposição dos pontos, resultam num grande número de erros de união, pois as linhas que deviam se sobrepor, acabam produzindo pequenas áreas de erros de união conhecidos como *sliver polygons* (CHRISMAN, 1989), os quais serão doravante denominados de polígonos fragmento. O espaço ocupado por tais polígonos, é espaço do mundo real e sua extensão dependerá do tamanho do fragmento e a escala na qual o dado foi representado.

RYBACZUK pressupõe, que dentre as possíveis soluções para os erros associados à manipulação de dados incluem-se:

- Realizar uma rigorosa checagem da qualidade e aplicabilidade dos dados, quando estes provém de diversas fontes;

- Utilizar alternativas, tal como tolerância baseada nos valores geométricos, para identificação e remoção dos polígonos fragmento;
- Utilizar alternativas, para a reatribuição de espaço por atributos geométricos, as quais requerem conhecimentos do usuário dos dados, podendo ou não, serem oferecidas como um recurso padrão pelos SIG;
- Deve-se aceitar, que um grau de incerteza persistirá nas camadas de dados, criadas a partir de conjuntos de dados menos precisos, e neste caso, deverá ser dada ênfase ao processo de reatribuição de espaço, antes na eliminação do próprio processo de manipulação; e
- Monitorar as mudanças ao longo do tempo, efetivamente e acuradamente, que no entanto, requer um sistema projetado para gerenciar facilmente o tempo e a versão.

3.1.4.3 Propagação e Efeito Cascata de Erros

Segundo FOOT e HUEBNER, os processos SIG normalmente dependem da comparação e ou integração entre diversos e diferentes conjuntos de dados, os quais improvavelmente possuem as mesmas características de acurácia, precisão e erro. Logo, as informações e ou os conjuntos de dados resultantes de tal integração, serão conseqüentemente afetados pela composição dos diferentes níveis de acurácia, precisão e erro presentes nos conjuntos originais. Este problema, afeta principalmente os SIG que utilizam muitas fontes de dados, sendo que existem duas formas nas quais esta "composição" de características pode ocorrer:

- a) Propagação: Ocorre, quando um erro prende-se a um outro. Frequentemente a propagação, ocorre em uma forma cumulativa, assim como quando mapas de diferentes acurácias são intercalados; e
- b) Efeito Cascata: Significa que informações errôneas, imprecisas e não acuradas, distorcerão uma solução do SIG, quando a informação é combinada seletivamente dentro de novas camadas e coberturas. De certo modo, o efeito cascata ocorre quando são permitidos que os erros se propaguem sem controle, de camadas, para camadas repetidamente. As conseqüências de tal efeito, podem ser muito difíceis de prever, já que podem ser cumulativas ou multiplicativas e podem variar dependendo de como a informação é combinada, o que depende de cada situação. Portanto, é importante testar sua influência sobre uma dada solução SIG, o que é feito através da calibração de uma base de dados SIG usando técnicas, tais como, análises sensitivas, as quais permitem aos usuários medirem como e quanto os erros afetarão as soluções. Estes autores, ressaltam ainda, que é importante compreender que a propagação e o efeito cascata, podem afetar lógica e conceitualmente a acurácia e a precisão dos atributos e das posições horizontal e vertical.

3.1.4.4 Implicações dos Erros para o Usuário

Para RYBACZUK é um equívoco assumir, que o erro pode ser inteiramente removido das metodologias SIG ou mesmo de seus produtos, entretanto, é possível fornecer ao usuário um produto de qualidade, ainda que dependa deste, reconhecer a presença da falta de acurácia, bem como, sua extensão. Ressalta ainda, que

infelizmente os usuários não estão conscientes de como o erro surge e que formas pode tomar, sendo que em parte, isto é decorrência da confiança que os usuários SIG dão aos vendedores de tais sistemas, que os aconselham a usar as informações existentes, pelos sistemas negociados por eles.

As grandes organizações podem ter procedimentos de checagem visando manter a qualidade de seus dados, mas muitos pequenos e inexperiente usuários, certamente não estão tomando tais cuidados. A gradual introdução e adoção de padrões digitais de dados cartográficos irão de alguma forma reduzir este problema, mas sua pesada dependência na "aptidão para o uso" colocará a maior parte da responsabilidade nas mãos dos usuários.

FOOTE e HUEBNER ressaltam, que os dados poderão não ter valor para outros usuários a menos que o "gerador primário" prepare um informe de qualidade sobre eles, estes autores recomendam ainda, que se deve documentar os conjuntos de dados logo em sua criação, evitando-se dessa forma, posterior perda de tempo em uma segunda checagem.

3.1.5 Padrões de Intercâmbio de Dados

Segundo a *ASSOCIATION FOR GEOGRAPHIC INFORMATION* (1993), uma característica importante dos SIG, é a habilidade de transferir dados entre sistemas. A maneira usual de fazer isto, é usando um formato de intercâmbio de dados, que seja compreendido prontamente pelo remetente e pelo receptor, mas a grande variedade de

softwares de SIG existentes atualmente, contribui também para a disseminação de diferentes formatos de dados que cada um emprega e que na grande maioria das vezes não são intercambiáveis entre si. A falta de uma padronização, leva invariavelmente a inúmeras dificuldades, limitações e até mesmo a perda parcial ou total das informações existentes, quando executa-se a migração de um software para outro. Atenção especial deve ser dada à este aspecto, visto que uma futura atualização do software poderá ser prejudicada ou se tornará mais onerosa em decorrência de sua não observância.

Dentre os formatos que são usados freqüentemente para esta finalidade, destacam-se, dentre outros:

- *DXF* - é um padrão que foi desenvolvido para permitir que os desenhos técnicos sejam intercambiados entre *AutoCAD* e outros sistemas de projeto auxiliado por computador. É agora uma conexão extensamente usada de fato nas indústrias da engenharia e de construção. Por causa das similaridades entre desenhos de engenharia e mapas, o *DXF* pode ser usado para transferir dados geográficos e muitos pacotes de SIG podem importar, e/ou exportar dados neste formato;
- *NTF* - é o padrão britânico oficial para transferência de dados geográficos, publicada como BS7567: 1992 Transferência eletrônica de informação geográfica (*NTF*). Foi desenvolvido especificamente para dados geográficos e, é estruturado em níveis para diferentes graus de complexidade dos dados;
- *GDF* (*) - é um padrão usado na Alemanha e Bélgica e que segundo OSTYN (1995), possivelmente seja transformado pelo Centro Europeu de Normalização (CEN), no padrão europeu oficial de dados geográficos; e
- *DIGEST* (*) – padrão de intercâmbio de informação geográfica digital, adotado pela Organização do Tratado do Atlântico Norte (NATO) (JOHNSON; PETTERSSON; e FULTON 1992).

(*) – muito embora estes formatos tenham sido definidos como padrões de intercâmbio de dados, nada mais são que transformadores de padrão, ou seja, importam dados em determinado padrão e os exportam em outro.

A ASSOCIATION FOR GEOGRAPHIC INFORMATION, classificou o *DXF* como um padrão *de facto*, ou seja, não é um padrão nacional ou internacional formalmente

definido, enquanto que o NTF foi classificado como um padrão *de jure*, ou seja, é um padrão formalmente definido nacionalmente na Inglaterra.

Dentre todos os formatos citados, certamente o *DXF* é sem dúvida um dos mais empregados principalmente na migração de software ou utilização de base de dados originárias do *AutoCAD*, mas que no entanto deve ser empregado com certo cuidado, visto que pode não transferir relacionamentos topológicos entre objetos cartográficos e reconstruir a topologia incorre em considerável esforço. Além das eventuais limitações intrínsecas ao formato *DXF*, os principais problemas em sua utilização pelos softwares SIG, reside na deficiência dos filtros seja do software exportar ou importador dos dados contidos num arquivo deste formato. Outro aspecto que deve ser considerado, é que o *DXF* não é um padrão nacional ou internacional formalmente definido, mas sim um padrão informal de dado de propriedade da Autodesk Inc, e que sofre alterações em suas versões sem qualquer acordo formal com o usuário. Neste aspecto, ao se adotar padrões internacionais de dados, se garante maior estabilidade quanto à sua manutenção, visto que as mudanças atravessam um processo de acordo com o padrão original.

3.2 Modelo Computacional de Simulação Hidráulica (MCSH)

Assim como na grande maioria dos processos de informatização (dentre eles o SIG), os primeiros MCSH tiveram início na década de sessenta, motivados pelos avanços na área de computação digital e que permitiram o desenvolvimento dos

primeiros algoritmos voltados à solução dos complexos sistemas de equações que representam os fenômenos hidráulicos.

Segundo LUVIZOTTO JUNIOR (1995), STEPHENSON (1984), agrupa os diversos modelos computacionais em duas categorias distintas (sendo estes, diferenciados em função do critério adotado na obtenção dos objetivos):

- a) Modelos de Otimização Direta - buscam soluções ótimas para um problema operacional específico; podem empregar programação dinâmica ou linear para a solução do problema formulado, as quais possuem vantagens e desvantagens uma em relação à outra. Para maiores detalhes, consultar: RIBEIRO (1985); JARRIGE (1992) e MARTINEZ, PEREZ e PLANELLS (1993); e
- b) Modelos de Simulação Contínua: não permitem obter diretamente a solução ótima; permitem a análise da influência de cada manobra, possibilitando encontrar as melhores regras ou manobras possíveis; segundo LUVIZOTTO JUNIOR, CABRERA y GARCIA (1994), classificam os modelos de análise de escoamentos em sistemas de condutos forçados em: modelos dinâmicos ou elásticos e modelos estáticos (para informações detalhadas sobre o assunto, consultar: RIBEIRO *et al.* (1986), CABRERA y GARCIA (1994) e LUVIZOTTO JUNIOR).

LUVIZOTTO JUNIOR, cita a classificação dos modelos computacionais de fenômenos hidráulicos feita por ABBOT, HAVNO e LINDEMBERG (1991), como:

- Primeira geração - adaptações dos métodos de cálculo manuais;
- Segunda geração - desenvolvimento de técnicas especificamente destinadas a processos computacionais;
- Terceira geração - incorporação das técnicas desenvolvidas aos sistemas a serem modelados; e
- Quarta geração - facilitar o uso para profissionais não especialistas nas técnicas de modelação.

Segundo a SAFEGE (1994), dentre os usos e benefícios da modelação de redes de água na operação de gerenciamento destacam-se:

- Entender o funcionamento da produção e do abastecimento;

- ❑ Esclarecer e resolver anomalias;
- ❑ Determinar as características do abastecimento;
- ❑ Determinar a capacidade do sistema existente (armazenamento, produção, transferência e, abastecimento);
- ❑ Projetar melhorias na rede em curto e médio prazo;
- ❑ Determinar a necessidade para extensão de recursos, para extensão e renovação de rede;
- ❑ Projetar uma estratégia de detecção de vazamento;
- ❑ Reduzir o custo de bombeamento;
- ❑ Projetar sistemas de telecontrole;
- ❑ Preparar ações emergenciais;
- ❑ Gerenciar a manutenção da rede;
- ❑ Determinar mananciais e usos da água
- ❑ Determinar tempo de residência e nível de cloro; e
- ❑ Unir-se com o plano mestre para otimizar investimentos.

Segundo WHITE (1999), os modelos de simulação de sistemas da distribuição de água, são construídos tipicamente para examinar duas áreas preliminares: hidráulica e qualidade da água. O primeiro, concerne a habilidade de fornecer uma quantidade confiável de água em uma pressão razoavelmente constante e de encontrar-se determinadas contingências (e. g., volumes elevados de água em alta pressão por curtos períodos de tempo, para combate à incêndio). O segundo, concerne a habilidade de fornecer uma água de qualidade confiável, para os vários objetivos (e. g., manutenção de cloro ou concentrações de sólidos dissolvidos dentro de determinados limites prescritos). Os modelos da qualidade de água são tipicamente uma extensão dos modelos hidráulicos mais básicos.

Não é objetivo deste trabalho, se aprofundar nos diferentes conceitos, concepções e metodologias empregadas no desenvolvimento dos MCSH, mas sim, explorar sua interface com o SIG.

3.2.1 A Integração SIG-MCSH

Muitos autores, relatam a possibilidade de integração entre estes softwares, que devido as suas inúmeras peculiaridades, apresentam por conseguinte, diferentes níveis de compatibilidade entre:

- ❑ Representação topológica dos sistemas hidráulicos;
- ❑ Conversão de dados;
- ❑ Exportação de dados; e
- ❑ Importação de dados.

CURTIS (1995), discute a aplicação de um modelo heurístico comunicando um SIG a um MCSH orientado a objetos, onde segundo ele, as mudanças temporais de estado são determinadas pelo comportamento da interação dos objetos na rede.

Para FEINBERG e UHRICK (1997), os SIG fornecem em muitos casos, uma ligação comum, entre diferentes tipos de informação, ressaltando, que para um SAA esta ligação comum é sua infra-estrutura (sistema hidráulico), conforme ilustrado na FIG. 3.2.1.1.

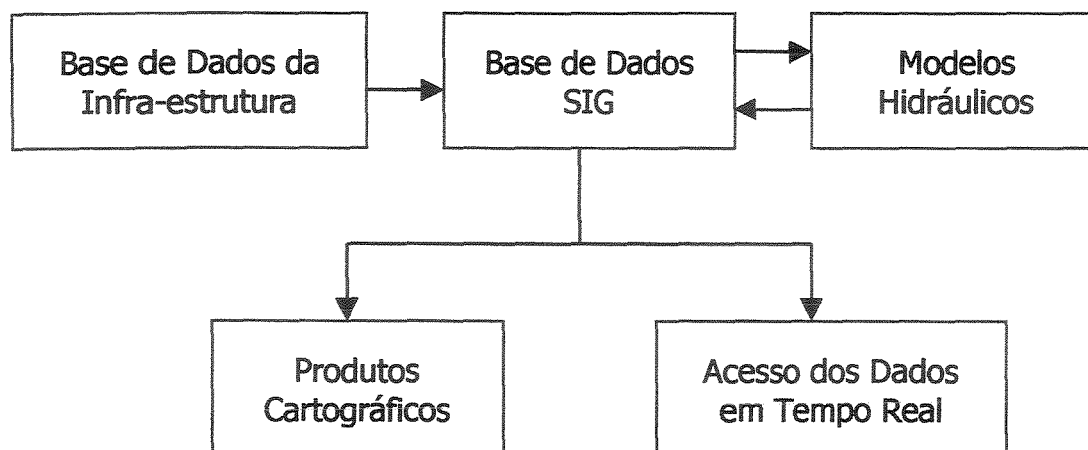


FIGURA 3.2.1.1 - O SIG age como a ferramenta central para integrar sistemas de informação separados.

FONTE: Adaptação de FEINBERG e UHRICK, 1997.

LIM e PRATTI (1997), relatam o desenvolvimento de um sistema de avaliação de tubulação (*PIPES*), baseado em modelação orientada a objeto, permitindo desta forma, a adição de novos modelos ou parâmetros, assim que eles venham a ser disponibilizados, sendo que tal sistema utiliza integralmente a base de dados do SIG. O *PIPES* consiste dos seguintes modelos:

- Deterioração - derivado de análises estatísticas do histórico de quebra das tubulações e como ele está correlacionado com parâmetros (diretos ou indiretos) associados com cada tubulação, são exemplos de parâmetros significativos correlacionados à quebras: comprimento, diâmetro, material e idade do tubo, pressão estática e, se o tubo está localizado num declive íngreme. Como resultado das análises estatísticas, é gerado um número de equações, as quais serão usadas para calcular a probabilidade de falha dos tubos. Estas equações são construídas dentro da aplicação *PIPES* e, são acessadas quando o modelo de deterioração é selecionado para avaliar as tubulações; e
- Vulnerabilidade e de Periculosidade - consiste de um número de parâmetros que podem ser selecionados e ordenados subjetivamente, para avaliar a vulnerabilidade ou periculosidade das tubulações. Estes dois modelos fornecerão respostas a questões, como "quais tubulações são necessárias reabilitar ou substituir e quais

custarão mais se a quebra ocorrer?". Exemplos de parâmetros de vulnerabilidade incluem corrosividade do solo, proteção à corrosão, material e idade do tubo, tipo de uso do solo (onde o tubo está) e, se ele está localizado em zonas de liquefação ou declive íngreme. Exemplos de parâmetros de periculosidade, incluem se o tubo está diretamente conectado a hospitais, instalações médicas, pacientes renais, centros de hemodiálise, centros comunitários, escolas, grandes consumidores e, se o tubo está localizado em áreas sujeitas à inundação.

Os três modelos acima descritos, contam amplamente com as análises internas ao SIG, dos relacionamentos espaciais entre tubulações e atributos. A FIG. 3.2.1.2, apresenta os principais componentes deste sistema.

WHITE, discute o emprego de técnicas de organização hierárquica através do SIG e estruturas de dados adequadas, a fim de permitir que modelos mais realísticos sejam gerados e simulados dentro do contexto de um modelo completo do sistema. Sugere ainda, que uma estrutura de três níveis seja empregada, a fim de permitir o detalhamento considerável no nível local (região, área e local), onde as estruturas de dados são usadas, para rastrear a associação dos elementos entre os níveis hierárquicos.

Este autor, admite a impossibilidade da modelação completa em grandes e complexos sistemas, mas também aponta as deficiências na construção dos modelos "esqueletizados", os quais segundo ele, simplificam por demais a rede real e conseqüentemente não a representam satisfatoriamente, impossibilitando a avaliação de impactos detalhados no contexto da operação do sistema como um todo. Aponta ainda, como vantagens do emprego das técnicas de organização hierárquicas: permitir, que um modelo grosseiro completo do sistema de água seja sempre usado, mas quando um maior nível de detalhe é requerido (nível região), parcelas do modelo grosseiro podem ser removidas e substituídas pelas mais detalhadas, conforme apresentado na FIG. 3.2.1.3.

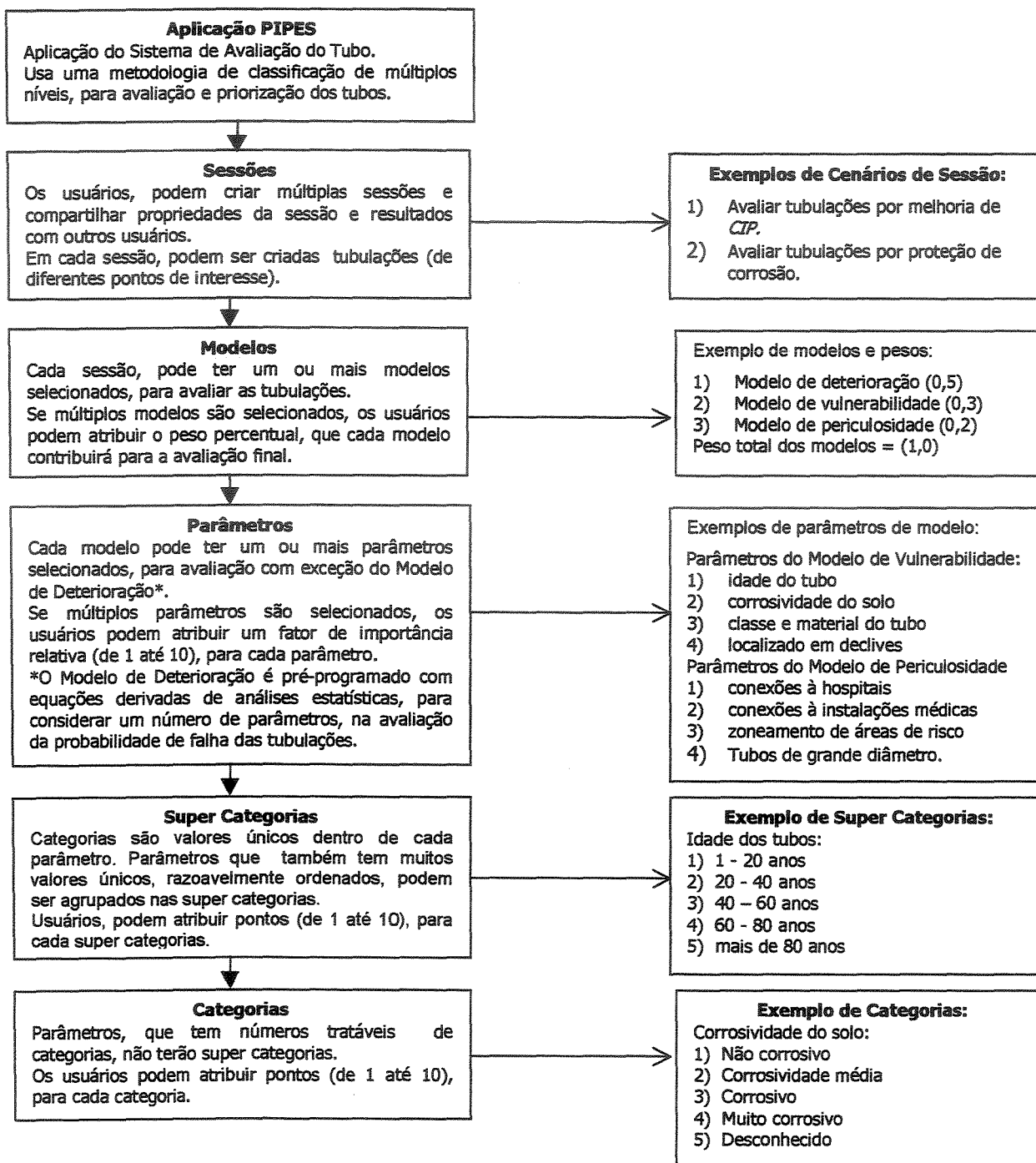


FIGURA 3.2.1.2 - Aplicação PIPES - Principais componentes.

FONTE: LIM e PRATTI, 1997.

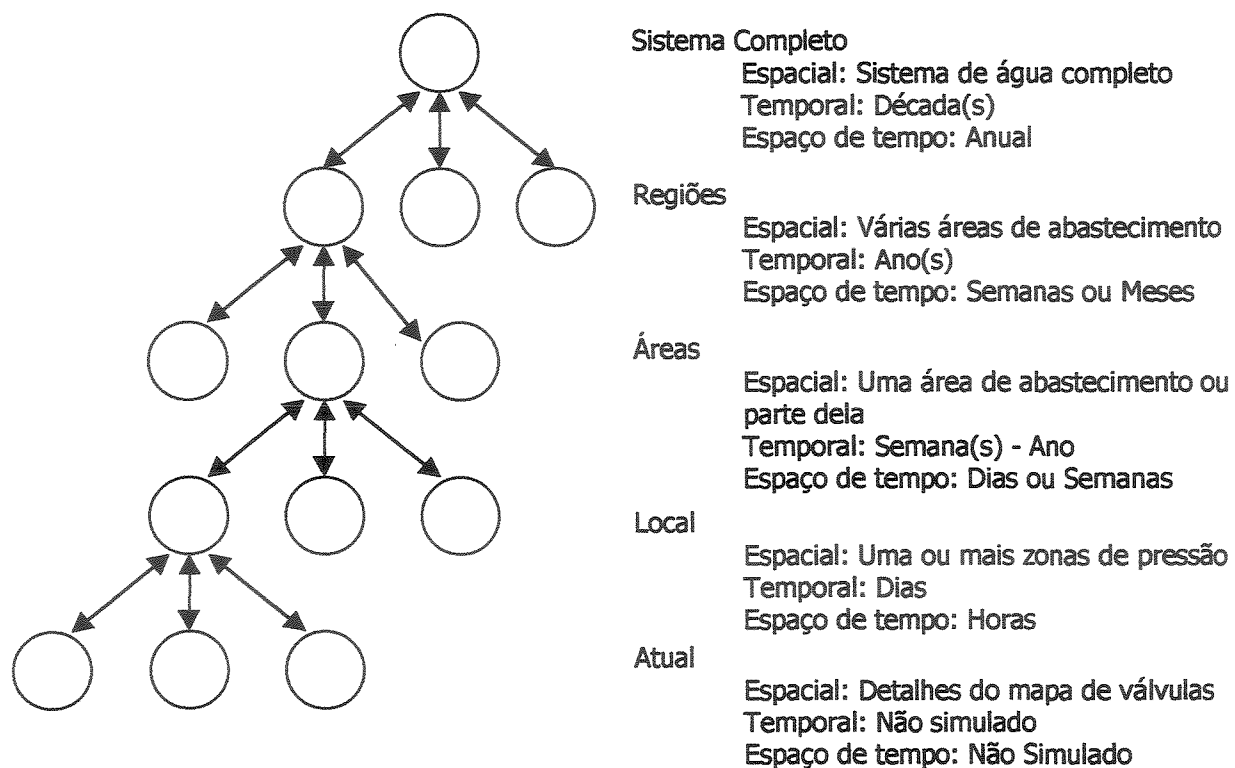


FIGURA 3.2.1.3 - O Sistema e seus Subsistemas no Contexto Regional de uma Rede do Sistema de Água.

FONTE: WHITE, 1999.

3.2.1.1 Representação topológica dos sistemas hidráulicos

Segundo LUVIZOTTO JUNIOR, a topologia do SDA e as características hidráulicas e mecânicas dos elementos que o compõem, irão permitir que o modelo matemático utilizado represente de forma mais fiel possível o sistema em análise.

Ressalta ainda, que devido as constantes variações dos parâmetros associados ao sistema, devido a fatores diversos, torna-se imprescindível a existência de um banco de dados atualizado.

SCHULZ e McLAUGHLIN (1995), apresentam as informações relevantes do SAA e como são representadas no SIG, as quais estão ilustradas na TAB. 3.2.1.1.1, relatam ainda o emprego da topologia arco-nó.

TABELA 3.2.1.1.1

Informações relevantes e suas representações no SIG.

Categoria da característica	Descrição
Polígono ou Ponto	Reservatórios e tanques
Ponto	Hidrantes
Ponto	Nó do modelo hidráulico
Registro	Número do nó do modelo hidráulico
Arco	Tubos
Registro	Número do tubo
Ponto	Mudança de pressão
Ponto	Bombas
Polígono	Área de cobertura do abastecimento
Ponto	Válvulas

FEINBERG e UHRICK, consideram de fundamental importância uma metodologia, para classificar os elementos do sistema de distribuição de água, sua topologia e o tamanho da base de dados SIG. Estes autores ressaltam, que para facilitar as atividades de modelação, os elementos do SDA devem estar topologicamente conectados, ou seja, os tubos devem se iniciar, se encontrar ou terminar em uma única coordenada, onde existe um nó no sistema, citam ainda, o seccionamento de tubulações em posições hidráulicamente significativas, tais como:

- Pontos de origem;
- Conexões a outros elementos;
- Estações de recalque;
- Dispositivos de controle de pressão e de vazão;
- Mudança de diâmetros da tubulação;
- Poços de visita; e

- Mudança abrupta no sentido da tubulação.

Estes autores relatam ainda, que as informações para a modelação podem ser extraídas dos seguintes locais:

- Os atributos básicos (diâmetro, comprimento, material, cota de montante e jusante) armazenados na base de dados do inventário ou na base de dados do SIG;
- Atributos específicos do MCSH (coeficientes da rugosidade, curvas da bomba, curvas de demanda, etc) armazenados em tabelas suplementares e ligados aos atributos básicos; e
- A conectividade da rede é extraída do SIG em forma de coordenadas X,Y e conectividade (nós de-para para cada tubo).

A FIG. 3.2.1.1.1 apresenta através de uma estrutura particular de dados, as informações básicas das redes de água, requeridas por um determinado MCSH, as quais podem diferir de outros, devido a existência de funções complementares e/ou aplicações específicas, mas que no geral estão sintetizadas nesta figura.

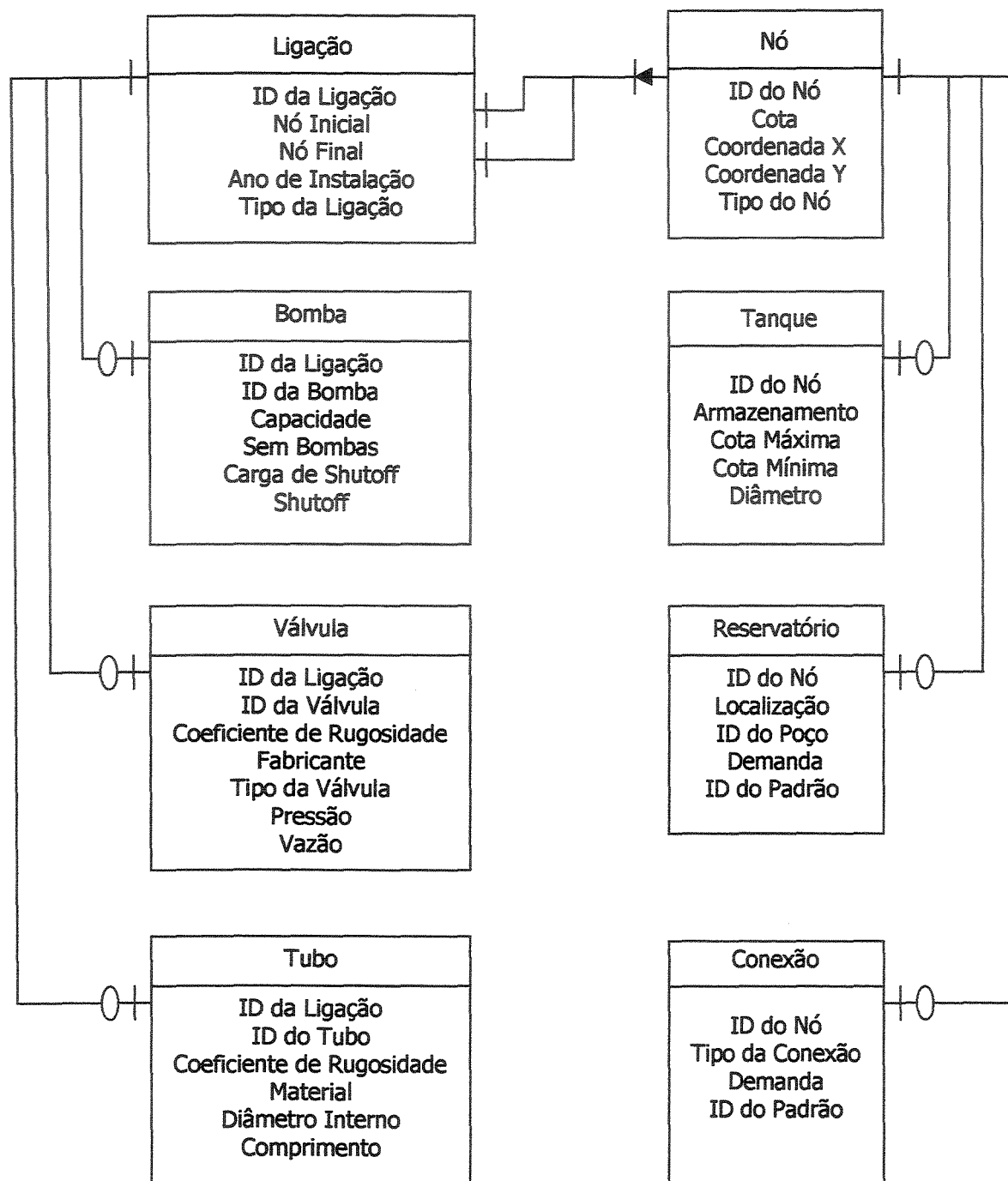


FIGURA 3.2.1.1.1 - Estrutura Básica de Dados – Elementos da Rede de Água.

FONTE: WHITE, 1999.

3.2.1.2 Conversão de dados

HIRAYAMA et al. (1994) relatam, que um significativo esforço é requerido para converter a base de dados hidráulica do SIG para o formato do MCSH, destacando, que os seguintes trabalhos de conversão poderão ser necessários:

- ❑ Comprimentos e diâmetros do tubo poderão ser determinados a partir dos dados da linha tubo no SIG;
- ❑ Cotas do nó poderão ser determinadas a partir dos dados das curvas de nível no SIG;
- ❑ Linhas tubo que não serão incluídas no modelo hidráulico (e. g., hidrante, tubos laterais e finais) poderão ser codificados e eliminados; e
- ❑ O consumo no nó poderá ser calculado através do serviço de informação de faturamento da água.

Segundo FEINBERG e UHRICK, pode surgir um conflito entre o SIG e as bases de dados do inventário da infra-estrutura, pois ambos representam algum elemento do SAA de uma forma, e o MCSH, o qual representa e modela os mesmos elementos de uma forma inteiramente diferente. Estes autores, relatam ainda, que dentre os diversos métodos para criar representação linear de elementos hidraulicamente significativos, das representações baseadas em pontos no SIG, dois em especial foram empregados em seu trabalho.

O primeiro método *claiming an existing element* (GRAYBILL,1997), implica herdar uma tubulação adjacente ao nó e reagrupar a tubulação completa, assim como a entidade.

O segundo método, *element fragmentation* (GRAYBILL,1997), implica seccionar uma tubulação adjacente para criar um novo elemento linear, que conteria os atributos

do nó hidráulicamente significativo, conforme ilustrado na FIG. 3.2.1.2.1. Através deste método, o elemento linear representando o nó hidráulicamente significativo é identificado no MCSH usando o mesmo identificador, que aquele na base de dados do SIG. Ao novo nó criado, usado para seccionar a tubulação adjacente, é dado um novo identificador único e gerado em função do identificador do nó, para o qual uma representação linear “será criada”, conforme ilustrado na FIG.3.2.1.2.2. Estes autores, relatam, que a fragmentação do elemento foi empregada para válvulas de controle de pressão e de vazão e estações de recalque.

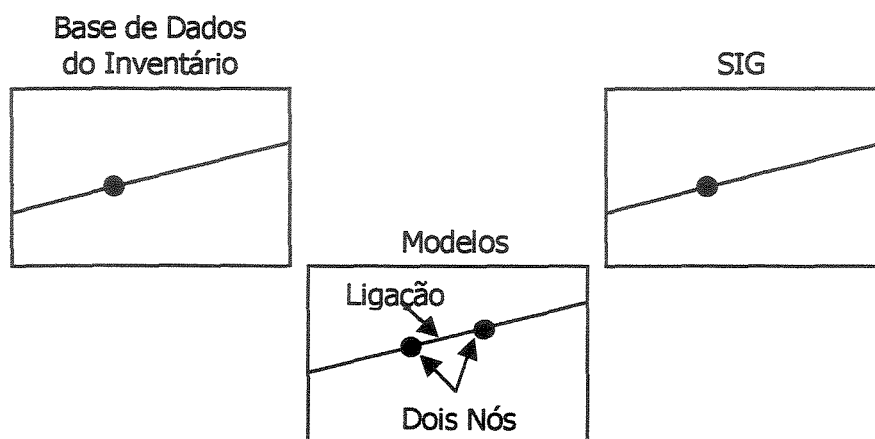


FIGURA 3.2.1.2.1- Fragmentação do elemento, para facilitar a transformação dos dados entre SIG e o MCSH.

FONTE: FEINBERG e UHRICK, 1997.

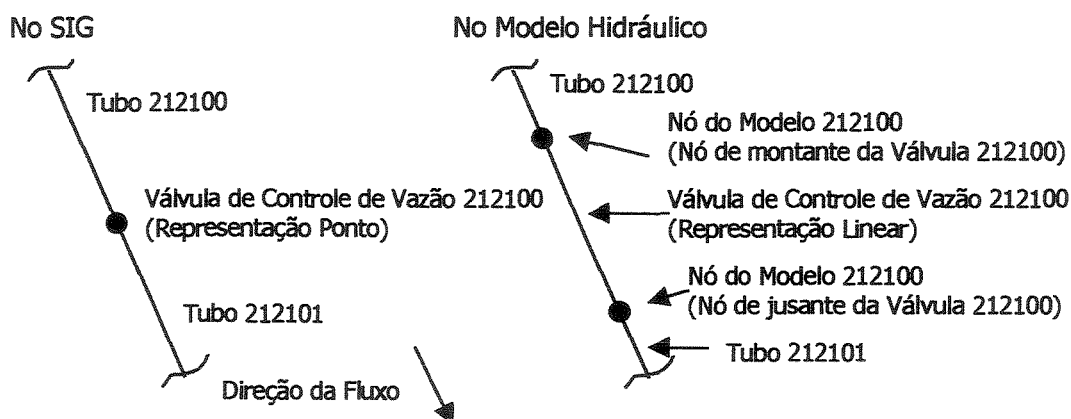


FIGURA 3.2.1.2.2 - Esquema de identificação, para Fragmentação do Elemento.

FONTE: FEINBERG e UHRICK, 1997.

3.2.1.3 Exportação e Importação de dados

FEINBERG e UHRICK, ressaltam, que diversos desafios surgem ao mover dados entre um SIG e um MCSH, destacam ainda, que os mais significativos são as diferentes representações implementadas pelo SIG e pelos MCSH, para representar os mesmos tipos de elementos. No SIG, elementos hidraulicamente significativos tal como válvulas, são geralmente representadas como pontos, visto que, uma representação linear do mesmo elemento é normalmente requerida nos MCSH. Também significativa é a seleção dos elementos da rede a serem modelados.

WHITE ressalta, que em aplicações da tecnologia SIG em MCSH, em geral, a tentativa de introdução típica é utilizar o SIG, para manter os conjuntos de dados necessários (valores de parâmetros e condições iniciais) requeridas por um modelo. Várias ferramentas (programas, rotinas) são desenvolvidas para permitir a entrada de conjuntos de dados para serem escritos em um modelo externo e, então importar e visualizar os resultados da simulação do modelo atual, rodando internamente no SIG. (e. g., veja McLEROY, 1994).

WHITE relata, que determinados tipos de modelos (particularmente autômatos celulares) prestam-se a si mesmos à implementação interna de um SIG (e. g., simulações de *wildfire* - veja LIU e CHOU, 1997). Este autor, ressalta ainda, que mesmo quando pode ser possível reescrever um MCSH estritamente dentro de um SIG, isto pode não ser desejável, pois determinados MCSH são certificados ou requeridos por governos federais ou estaduais ou, sua saída é reconhecida como um padrão dentro de uma indústria.

Independente das ferramentas utilizadas na transformação dos dados, é comum que em sua transferência, entre o SIG e o MCSH, sejam empregados padrões internacionais de dados, tal como *ASCII*, que é um dos mais comumente empregados.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Materiais

Os materiais básicos do projeto são os softwares SPRING (SIG) e SPERTS (MCSH), além dos equipamentos de hardware e periféricos indispensáveis à utilização dos softwares e a entrada/saída e tratamento dos dados, os quais tem as seguintes características:

□ Softwares:

- SIG: SPRING 3.4 para *Windows*, desenvolvido pelo Departamento de Processamento de Imagens - DPI, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. *Copyright* © 2000 SPRING - DPI/INPE, disponível *freeware* na *World Wide Web*: <<http://www.dpi.inpe.br/spring>>; e
- MCSH: SPERTS 1991 - 2000 (versão beta), para *Windows*, desenvolvido pelo Prof. Dr. Edevar Luvizotto Junior, do Departamento de Recursos Hídricos da Faculdade de Engenharia Civil da UNICAMP. *Copyright* 2000 DRH/FEC/UNICAMP.

□ Hardware:

- Computador Pentium Pro 350 Megahertz, 120 Megabytes de RAM.
- Periféricos:
 - Teclado; e
 - Impressora e/ou plotter.

Para efeito de validação do método (de compartilhamento da base de dados entre SIG e MCSH) e obtenção de subsídios para as metodologias a serem propostas, serão empregados dados reais de um SAA, fornecidos pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto da Cidade de Cerquilha (FIG. 4.1.1, 4.1.2 e 4.1.3) - Estado de São Paulo - Brasil, o qual possui as seguintes características:

- População atendida: 30.000;
- Número de economias: 9.000; e
- Extensão da Rede de Distribuição de Água: 150 Km.



FIGURA 4.1.1 Divisão administrativa do Estado de São Paulo.

FONTE: Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Cerquilha.



FIGURA 4.1.2 Área urbana da cidade de Cerquilha (escala 1:50.000).



Nota: Somente as redes em vermelho foram utilizadas no Estudo de Caso.

FIGURA 4.1.3 Arquitetura das redes de distribuição de água da cidade de Cerquilha (escala 1:50.000).

4.2 Metodologia

O material cartográfico a ser utilizado já está em formato digital (*DXF*), entretanto, deverá ser editado a fim de eliminar erros de encontro geométrico, topologia, textos e símbolos. Após a edição, o material será exportado para o SPRING , onde será criado o banco de dados Cerquilha, o qual conterà dentre outros elementos:

- ❑ Projeto Cerquilha;
- ❑ Modelo de Dados:
 - Urbanístico;
 - Logradouro;
 - Redes;
 - Acessórios; e
 - Zonas de Pressão, etc.
- ❑ Planos de Informação:
 - Mapa Quadras;
 - Mapa de logradouros;
 - Mapa de redes de água;
 - Mapa de válvulas;
 - Mapa de reservatórios; e
 - Mapas de zona de pressão, etc.

Após análise da base de dados importada pelo SPRING, o material passará por novo processo de edição, que consiste basicamente em:

- ❑ Editar o (s) Plano (s) de informação;
- ❑ Editar o material , gráfico e texto, importado;
- ❑ Atribuir rótulos e nomes (identificadores) aos objetos da categoria objetos;
- ❑ Associar os objetos às representações gráficas; e

- Editar e ligar as tabelas de atributos.

Uma vez concluído todo o processo de edição do material geográfico e seus atributos, os dados necessários ao SPERTS, serão exportados em formato *ASCII*, através da opção exportação do SPRING.

Já tendo importado os dados do SPRING, o SPERTS simulará a operação do sistema e ao final deste processo, poderá exportar o resultado de volta para o SPRING, o qual poderá criar nos projetos existentes, planos de informação ou simplesmente criar mosaicos associando o resultado das simulações às informações existentes.

4.3 Descrição do Estudo de Caso Executado

A incorporação de um Estudo de Caso no desenvolvimento deste trabalho, visou fornecer subsídios para a proposição das metodologias de “Planejamento e Implantação do SIG” e de “Seleção e Digitalização de Documentos” e, concomitantemente validar um método para compartilhamento da base de dados entre um SIG e um MCSH.

Como critérios básicos adotados na escolha do SAA a ser estudado, foram considerados os seguintes aspectos:

- ser de pequeno porte (possuir até 50.000 habitantes);
- se situar próximo à cidade de Campinas;
- possuir base cadastral digitalizada;

- não possuir SIG; e
- se interessar pelo projeto e com ele colaborar, fornecendo os dados necessários.

Uma vez satisfazendo todos os critérios adotados, para a escolha da área de estudo, foi escolhido o SAA da cidade de Cerquilha.

Os dados cadastrais disponibilizados pelo SAA abrangiam basicamente os aspectos urbanísticos (quadras e logradouros), o SDA, o relevo (altimetria), além de outras informações que não interessavam ao presente trabalho, sendo que tais dados estavam reunidos em um único arquivo digital em formato *DXF*.

Uma vez definido que o SIG a ser utilizado no desenvolvimento do trabalho seria o SPRING, foi necessário editar os dados originais e adequá-los às necessidades requeridas pelo software. O trabalho de edição centrou-se na segregação em *layer*, de todos os elementos constituintes do SDA de que se dispunham quaisquer informações, sendo que, todos os elementos (do SDA) tiveram que ser separados por diâmetro, material, tipo e função, bem como, na adequação de sua topologia, pois no processo de importação para o SPRING, tais dados deveriam constituir “planos de informação” distintos. Todo o trabalho de edição anterior a exportação, foi realizado no software *AutoCad R 14*.

No SPRING, optou-se por adotar o modelo de dados “Rede”, para armazenar os dados sobre os elementos do SDA, ou seja, tubos, reservatórios, bombas e válvulas, a escolha deste modelo justifica-se por ser o único a possuir as funções específicas, para representar e manipular tal modelo dados. O restante dos dados foram alocados nos modelos “Cadastral” (quadras, logradouros, textos de logradouros) e “Modelo Numérico do Terreno” (curvas de nível).

A representação dos dados no modelo “Rede”, é baseado na topologia arco-nó, logo, é inteiramente compatível com a representação requerida pelo SPERTS. Todavia, a representação dos elementos do SDA, reservatório, bomba e válvula, face a sua diminuta extensão linear, foram representados como pontos e não como linhas. Tal

representação mostrou-se adequada e compatível no SPRING, entretanto, o SPERTS requer, assim como, a grande maioria dos MCSH, que tais elementos sejam representados linearmente, logo, este foi o principal obstáculo encontrado no processo de transferência de dados (da base de dados do SIG para o MCSH).

O processo de manipulação, processamento e transferência de dados, entre o SIG e o MCSH, requereu o desenvolvimento de uma aplicação computacional denominada “FILTRO”, a qual está detalhadamente apresentada no item 7.

O Estudo de Caso, encerrou-se com a leitura pelo SPERTS do arquivo texto, gerado pela aplicação “FILTRO”, concluindo desta forma a validação do método *element fragmentation*, que permitiu a fiel transferência de dados do SIG, para o MCSH.

5 METODOLOGIA PARA PLANEJAMENTO E IMPLANTAÇÃO DO SIG

Em decorrência das diferentes situações técnica, administrativa, política e econômica existentes em cada pequeno e médio SAA nacional, torna-se difícil a definição de uma metodologia “ótima”, que atenda a expectativa (ou necessidade) de todos, entretanto, pôde-se determinar as linhas mestras que sustentam o sucesso de qualquer iniciativa de implantação do SIG, isolado ou integrado a um MCSH.

A metodologia proposta, batizada de P&ISIG, apoia-se em cinco etapas distintas, para orientar a implantação do SIG e sua “harmoniosa” integração a um MCSH, sendo elas: informação, discussão, decisão, ação e análise de resultados. A FIG. 5.1 descreve a metodologia P&ISIG.

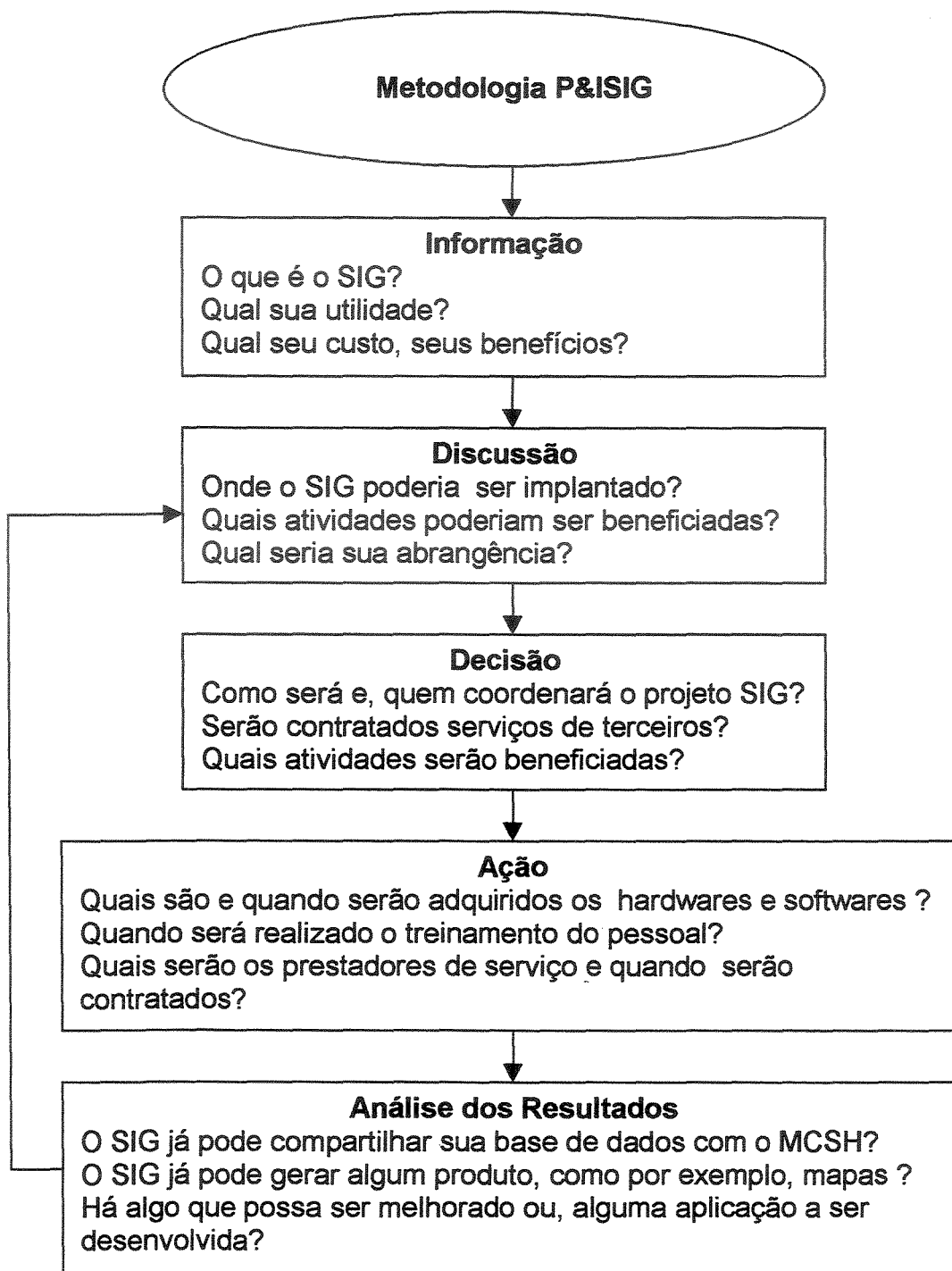


FIGURA 5.1 – Fundamentos da Metodologia P&ISIG.

5.1 Informação – O que é o SIG e o MCSH?

Antes de se iniciar qualquer discussão sobre a adoção de qualquer nova ferramenta e, as computacionais não fogem à regra, deve-se primeiramente saber o que são, qual utilidade, aplicabilidade, virtudes, limitações, operacionabilidade, potencial, custo e benefícios. Todas estas informações não podem simplesmente serem coletadas do material publicitário disponibilizado pelos “vendedores de sonhos”, ou seja, os representantes comerciais de tais produtos, logo, é de fundamental importância que se tenha consciência que antes de investir seus recursos, o SAA deve saber o que está comprando e na busca deste conhecimento é de grande importância que:

- a) no mínimo, um elemento de seu corpo técnico/gerencial, adquira conhecimento básico sobre tais ferramentas (ou primeiramente sobre o SIG), logo, é necessário que ele consulte material bibliográfico sobre tais assuntos, pois assim estará apto, por exemplo a reconhecer e diferenciar um SIG de um sistema informatizado de cartografia e/ou similares; a compreender o funcionamento dos sistemas; a participar ativamente na avaliação de produtos, apresentando dúvidas, questionamentos, enfim não sendo mais um expectador passivo; a tirar algum “proveito” de visitas técnicas a outros SAA, caso contrário, esta será apenas mais um passeio; etc;
- b) seu corpo técnico e administrativo visite outros SAA, que estejam implantando tais ferramentas ou mesmo aqueles que já as tenham implantado, pois o conhecimento da realidade prática os ajudará a evitar os percalços sofridos por alguns e a seguir os exemplos que deram certo noutros, ou seja, saber que nem tudo “são flores” que as dificuldades existem e quais foram os resultados obtidos (ou são esperados) com sua adoção;
- c) somente através do contato com outras companhias, o SAA saberá da eficácia e aplicabilidade de determinado software à aplicação desejada, do grau de facilidade

ou dificuldade em sua operação; da qualidade da assistência técnica pós venda - seja ela referente ao tempo de resposta, eficácia na solução do problema ou dúvida, cobrança pelo serviço, etc - fornecida pelos representantes comerciais dos softwares, enfim saberá através de um usuário como é a relação entre o consumidor do produto e seu fornecedor, relação esta, que jamais pode deixar de ser considerada, pois poderá inviabilizar o projeto; e

- d) após os três passos anteriores, faz-se necessário uma análise crítica dos diferentes projetos de implantação encontrados (visitados e consultados na literatura), desde a estrutura de dados empregado (*raster* ou vetor) pelos diferentes softwares SIG, até suas variadas aplicações pretendidas no SAA. Nesta fase, é fundamental o aprofundamento no conhecimento destas ferramentas computacionais (iniciado na fase a)), pois somente assim, se evitará perda de tempo na futura escolha do(s) software(s), que melhor atenda(m) as necessidades do SAA ou, que apresentem a melhor relação custo benefício.

A principal consequência para o SAA que negligencia esta etapa de informação, ou mesmo a atenda precariamente, se reflete principalmente na aquisição de hardware e software, que não atendem plenamente às suas necessidades, ou mesmo, são superdimensionados encarecendo significativamente o projeto. Outra consequência, esta mais perceptível e também mais onerosa, da falta de conhecimento sobre o SIG e o MCSH, reflete-se na contratação de serviços especializados, que podem abarcar desde consultoria para seleção do software até a implantação do SIG, as quais muitas vezes impõem soluções prontas (“enlatados estrangeiros”) como as melhores alternativas, o que nem sempre se verifica ser verdadeiro. Logo, o conhecimento das ferramentas computacionais, SIG e MCSH, é de fundamental importância desde cedo, pois somente assim se poderá escolher a ferramenta adequada à sua necessidade, bem como, a contratação dos serviços especializados requeridos à sua implantação.

5.2 Discussão: Onde se pretende chegar?

Ao conhecer as ferramentas que se pretende utilizar, o primeiro passo já foi dado, pois sabe-se ou pelo menos tem-se perspectiva de seu potencial e de sua abrangência. Para facilitar o desenvolvimento desta etapa, é aconselhável que o SAA seja “dividido” em três áreas principais: técnica, administrativa e comercial. A divisão proposta é uma estrutura administrativa comum nos SAA, ao menos nos grandes e médios, mas nos pequenos ela pode não ser tão bem definida, pois os mesmos indivíduos que o administram, freqüentemente desenvolvem as atividades técnica e comercial.

O MCSH é uma ferramenta que obrigatoriamente deverá ser inserida na área técnica, pois sua função é voltada para atendê-la, logo, esta área será abordada com maior profundidade daqui por diante, especialmente no que tange à integração SIG-MCSH. As três áreas do SAA podem assim ser resumidas:

- a) Área Técnica: Logicamente este é o “coração” de qualquer SAA, pois a ele cabe zelar pelo suprimento de água desde a captação e tratamento até sua distribuição, pela coleta e tratamento dos esgotos, além da manutenção e ampliação das redes e estruturas do sistema. Pela importância estratégica desta área, é óbvio que seja a primeira a ser incluída num projeto SIG, mesmo porque sua própria infra-estrutura, é a base de qualquer projeto SIG desenvolvido para um SAA. Muitas podem ser as aplicações pretendidas nesta área, como por exemplo:
 - Informatização e otimização da manutenção das bases de dados cadastrais (redes e acessórios do SDA e do Sistema de Coleta de Esgotos [SCE]) ;
 - Zoneamento piezométrico;
 - Programas de controle de perdas (macro-medição, caça vazamentos);
 - Programas de reabilitação das redes de água e esgoto;

- Programas de segurança (combate a incêndio);
- Otimização da manutenção das redes de água e esgoto;
- Otimização operacional do SDA e do SCE, através da geração e simulação de modelos hidráulicos, modelos de qualidade de água, modelos de periculosidade, modelos de deterioração e modelos previsivos (de manutenção) dentre outros; e
- Integração de sistemas de telecontrole, sistemas supervisórios e outros sistemas que tradicionalmente trabalham isolados; etc.

Diante de tão vastas aplicações, torna-se necessário identificar quais delas poderão ser abrangidas pelo SIG e ordená-las por grau de prioridade, podendo inclusive distribuí-las em diferentes fases de implantação, muito embora, seja preciso compreender que um projeto SIG “nunca termina”, pois sempre se descobre novas aplicações, mas está fadado ao fracasso o projeto que não apresenta resultados ao longo de seu desenvolvimento.

É de fundamental importância, que a adoção de um MCSH, seja considerada desde o início da implantação do SIG, pois caso contrário a integração entre ambos poderá ser inviabilizada em decorrência, por exemplo, da estrutura de dados empregados, já que o MCSH utiliza basicamente dados vetoriais, enquanto o SIG pode utilizar *raster*, vetor ou ambos; a topologia empregada na representação dos elementos hidráulicos; o armazenamento dos atributos dos elementos hidráulicos; a plataforma operacional utilizada; etc.

A partir das simulações realizadas pelo MCSH, o SAA pode definir regras operacionais para o SDA, ou seja, níveis operacionais de reservatórios, horário e tempo de funcionamento de bombas, avaliar ou acompanhar o comportamento de parâmetros como pressão, velocidade e vazão em qualquer ponto do sistema, além de auxiliar na modernização do mesmo, já que é capaz de apresentar com boa aproximação (o grau de aproximação depende diretamente da fidelidade com que o SDA foi representado no modelo matemático, bem como, de sua posterior calibração) os resultados, que se podem obter com a substituição de qualquer um dos elementos do SDA presentes no modelo matemático. Conseqüentemente a qualidade de qualquer um dos produtos gerados pelo MCSH, depende de sua fidedignidade, logo, qualquer alteração no SDA, deve ser repassada ao MCSH e

nada mais eficiente e desejável nessa tarefa, que utilizar diretamente as informações do SDA armazenadas no SIG;

- b) Área Administrativa: Sendo o “cérebro” do SAA, normalmente cabe à ela decidir pelos investimentos a serem feitos no sistema e nada mais útil que este processo decisório, seja auxiliado pelo SIG, o qual pode fornecer diversas estatísticas e gráficos associados às representações temáticas, tornando mais realístico o processo decisório. É óbvio que esta não é a única aplicação na área, mas sim, uma das principais, logo, cabe ao SAA usar sua percepção e identificar quais outras aplicações ou produtos do SIG, podem auxiliar seus processos decisórios, tornando-os mais realísticos e eficazes, enfim mais “afinados” com as necessidades da companhia; e
- c) Área Comercial: Sendo a porta de entrada dos recursos e o mantenedor de qualquer SAA, esta área precisa estar sempre em sintonia com seus consumidores, zelando pela agilidade e excelência dos serviços prestados, além de zelar pela própria “saúde financeira” da companhia, através da vigilância das contas dos consumidores, da coibição e investigação de fraudes, da constante atualização de seus cadastros, etc. Um dos problemas básicos nesta área, diz respeito ao roteamento de leitura e entrega de contas, o qual pode ser tratado pelo SIG, além do que, neste setor normalmente encontram-se os registros de consumo dos consumidores, os quais são informações fundamentais para a caracterização das curvas neutras de consumo a serem utilizadas pelo MCSH, além de serem básicas nos programas de controle de perdas.

Esta etapa, apesar de parecer óbvia, é freqüentemente uma das mais problemáticas, pois normalmente existem “correntes” de pensamento conflitantes dentro do próprio SAA, ou seja, há um “confronto de idéias” entre os indivíduos contra, neutros e pró modernização, cada qual abordando a adoção do SIG e do MCSH sob sua própria ótica. Conseqüentemente esta heterogeneidade pode conduzir a um período muito longo de discussões, para definição dos objetivos coletivos que se desejam atingir ou, simplesmente cada área acaba desenvolvendo, mesmo que não simultaneamente, o seu próprio projeto SIG a fim de resolver seus próprios problemas.

É evidente a necessidade de eleger e discutir amplamente os objetivos (entre todas as áreas do SAA, que podem ser beneficiadas) a serem atingidos, todavia, essa discussão não pode arrastar-se por anos, muito embora seja impossível definir o tempo necessário, é prudente que se desenvolva primeiro internamente à cada área e somente numa próxima fase, estas, os apresentem por ordem de prioridade, a fim de se chegar a um comum acordo. É indispensável, que os indivíduos que integrem o SAA, tenham consciência que o SIG é uma ferramenta para auxiliar na solução de problemas existentes e não um problema em busca de solução. É natural que os objetivos sofram alterações e correções de rumo durante o processo de implantação do SIG, mas é inconcebível, que qualquer projeto desta natureza seja iniciado sem possuir objetivos claros a serem alcançados, caso contrário, será apenas mais um projeto SIG que fracassou.

É imprescindível, que as três áreas do SAA estejam conscientes que elas são e, continuarão sendo, as únicas responsáveis pela coleta (ou fiscalização dela) de seus dados e manutenção de suas bases de dados, pois são sem sombra de dúvidas, as mais qualificadas para gerenciar adequadamente os processos internos de sua estrutura. Logo, a manutenção de bases de dados “isoladas” no SAA, serve única e exclusivamente para descentralizar, agilizar e otimizar o fluxo dos dados requeridos pelo SIG, bem como, para compartilhar responsabilidade entre os participantes do projeto SIG. Entretanto, a manutenção de bases de dados separadas, não deve significar diferentes políticas (ou conceitos) de qualidade dentro da companhia, pois é indispensável que se definam métodos e procedimentos adequados a todos os processos envolvidos.

A manutenção de uma base de dados única (ou multifinalitária), apesar de desejável, pode ser inviável, pois sendo centralizadora, possui os problemas inerentes a esta concepção organizacional, tais como: lentidão no fluxo de informações (ou dados); complexidade crescente (dependente do crescimento da base de dados), tanto na manutenção quanto no gerenciamento da base de dados; etc. Logo, o compartilhamento de dados entre diferentes bases, pode ser mais eficiente do que manter uma única.

5.3 Decisão: Qual o melhor caminho para chegar lá?

Sabendo onde se pretende chegar, ou seja, quais os objetivos que se quer atingir através do SIG (isoladamente ou por ele auxiliado), o SAA já está apto a iniciar a escolha de qual caminho trilhar para alcançá-los. Não se pode concluir de antemão, que existe um único ou um melhor caminho para chegar lá, pois antes algumas perguntas precisam ser respondidas, dentre elas:

- a) Sua empresa possui o conhecimento técnico (teórico e prático) necessário sobre as ferramentas que se pretende utilizar? Este conhecimento deve abranger desde os fundamentos conceituais sobre os quais se baseiam o SIG e o MCSH (e. g., cartografia, modelação matemática), passar pelo entendimento e compreensão de suas utilidades e potencialidades, pela habilidade de análise e escolha dos softwares e hardwares adequados, pela problemática que envolve suas implantações (coleta, tratamento e manipulação de dados, etc), pela operação e manutenção dos sistemas, até a geração de produtos finais (mapas, relatórios, gráficos, estatísticas, simulações, etc). Caso a resposta seja “sim”, possivelmente o SAA terá condições de conduzir sozinho (sem o auxílio de empresas ou indivíduos especializados), todas as etapas necessárias à aquisição, implantação e operacionalização tanto do SIG como do MCSH.

Apesar de ideal, essa não é a resposta dada nem mesmo pela maioria dos grandes SAA e muito menos espera-se, que os pequenos e médios a dêem. Caso a resposta seja “não”, faz-se necessário averiguar sobre o que se sabe, quem sabe o que e quanto se sabe, ou seja, fazer uma avaliação do conhecimento coletivo dos indivíduos que integram a companhia, sobre o assunto e definir a política a ser adotada.

Essa política poderá estar voltada para a capacitação dos indivíduos do próprio SAA ou, para a contratação de empresa(s) especializada(s) em SIG e em MCSH ou

ainda, uma mescla destas alternativas. Muito cuidado deve ser tomado na definição desta “política”, pois se por um lado o retorno dos investimentos feitos em treinamento de funcionários é demorado (mas relativamente barato), de outro lado a contratação de serviços especializados pode garantir uma rápida implantação e operacionalização tanto do SIG, quanto do MCSH, todavia, é normalmente cara além de criar uma dependência do SAA, para com a prestadora dos serviços, o que via de regra é prejudicial àquele;

- b) Quem e pelo que será responsável no projeto SIG da companhia? Esta questão deve ser resolvida de comum acordo entre todas as áreas envolvidas, todavia é preferível que se respeite as aptidões e limitações de cada uma, ou seja, deve ser claramente definido qual(is) o(s) responsável(is) por cada fase no processo de adoção do SIG e/ou do MCSH, as quais podem ser resumidas em: aquisição de software(s), treinamento, implantação do(s) sistema(s) (com ou sem contratação de terceiros), manutenção das bases de dados, desenvolvimento de aplicações e geração de produtos.

É fundamental que cada área saiba qual o seu “papel” neste processo e além de tudo, que esteja consciente da importância em bem executar a parcela que lhe cabe. Obviamente, que não é nada construtivo a “luta pela paternidade do SIG” no desenvolvimento de um projeto, mas é normal que surja uma área “líder” no projeto, esta liderança pode ser consequência da confiança depositada pelos demais participantes ou, pelo maior conhecimento e recursos que este possua;

- c) Quais os recursos (financeiros e humanos) que serão alocados no projeto SIG? Essa é a “hora da verdade”, pois pouco ou nada se pode fazer ou adquirir se o SAA não dispõe desses recursos, muito embora, os recursos financeiros não necessitem obrigatoriamente ser de grande monta para viabilizarem um projeto. Atualmente existem alguns softwares SIG (e. g., SPRING) e MCSH (e. g., SPERTS [versão demo]), que são de domínio público, ou seja, são disponibilizados gratuitamente por seus desenvolvedores, que merecem ser analisados principalmente por aqueles SAA com limitados recursos financeiros, antes de se adquirir um produto comercial.

O montante dos recursos financeiros disponíveis, para alocação num projeto SIG, bem como sua integração ao MCSH, pode ditar a velocidade de implantação

do mesmo mas, pode não garantir seu sucesso. Quanto aos recursos humanos, é de capital importância que o SAA inclua indivíduos de sua própria companhia, seja os que já possuam alguns conhecimentos sobre SIG e MCSH e queiram ampliá-los, seja aqueles, que não os tem mas tem **potencial e gostariam** de adquirí-los, vale ressaltar, que é altamente negativo a inclusão de indivíduos que **não queiram** adquirir tais conhecimentos, logo, deve-se evitá-la.

A capacitação dos recursos humanos do SAA, deve ser estimulada em todas as etapas de implantação do SIG-MCSH, pois somente assim garantirá sua independência quando tiverem que operacionalizar e dar manutenção nos sistemas (base de dados), até mesmo podendo desenvolver aplicações não previstas inicialmente no projeto;

- d) Qual o grau de dificuldade dos objetivos propostos? É de fundamental importância, que o SAA tenha plena consciência do grau de dificuldade dos objetivos, que se propõe a atingir ao adotar um SIG e/ou um MCSH, pois estes quanto mais complexos, maior poderá ser sua necessidade de contratar pessoal ou serviços especializados. É de boa prática identificar os objetivos que ao serem atingidos apresentem os maiores benefícios ou reflexos na companhia, ou seja, aqueles de maior impacto e que via de regra, são de baixa à média dificuldade, já os de elevada dificuldade não podem ser esquecidos, mas devem esperar o momento certo para serem “perseguidos”, pois podem custar caro, demorar para apresentar resultados e mesmo serem simplificados ou abandonados no decorrer do projeto. Como a pretensão desta metodologia está voltada a promover a integração do SIG com o MCSH, esta será a abordagem principal discutida daqui por diante;
- e) Quais as informações sobre o SAA serão necessárias? As informações necessárias variam de acordo com o objetivo e aplicação desejada, todavia, as informações sobre o SDA são indispensáveis para a integração do SIG ao MCSH. As informações requeridas pelos MCSH, podem variar de um software para outro, mas de modo geral resumem-se em: tubos (diâmetro; comprimento; rugosidade; cota do terreno e relacionamento topológico [nó de montante e de jusante]), bombas (altura de sucção, vazão de recalque, altura de recalque, vazão total, altura total, diâmetro, coeficiente de perda localizada e relacionamento topológico), reservatórios (níveis

máximo, médio e mínimo; área e relacionamento topológico), válvulas (tipo [simples, retenção, reguladora de vazão ou pressão, jato livre, etc], diâmetro e informações sobre o tipo [coeficientes de perda localizada, vazão, etc]) e, curvas neutras de consumo.

Além, das informações requeridas pelo MCSH, a TAB. 5.3.1 apresenta outras informações que normalmente são necessárias na elaboração de consultas e estatísticas sobre o SDA. De maneira geral, todas as informações sobre o SDA encontram-se no cadastro técnico da empresa e caso não existam, sejam parciais ou duvidosas, obrigatoriamente deverão ser coletadas em campo, pois da fidedignidade das informações depende a utilidade tanto do SIG quanto do MCSH.

Tabela 5.3.1
Informações complementares sobre os elementos do SDA.

Informações adicionais	Elementos			
	Tubo	Bomba	Reservatório	Válvula
Data de instalação	X	X		X
Data de construção			X	
Data de limpeza	X		X	
Histórico de manutenção	X	X	X	X
Marca		X		X
Modelo		X		X
Classe de Pressão	X			X
Material	X		X	X

Uma vez identificadas as informações necessárias, faz-se necessário sua coleta, seleção e integração, para que possam então serem inseridas no SIG e posteriormente compartilhadas entre este e o MCSH. Detalhes sobre seleção e digitalização de documentos estão disponíveis no item 6;

- f) Qual o tempo necessário para apresentação de resultados? Antes de se determinar prazos para a apresentação de resultados, é oportuno que o projeto SIG tenha um prazo de “carência”, ou seja, um período onde se possa desenvolver um projeto piloto que verificar a viabilidade de realização do mesmo. A partir de um projeto piloto, se pode mais realisticamente prever prazos para a realização das etapas necessárias a realização do projeto real, assim como prever prazos mínimos para

apresentação de resultados, jamais deve ser esquecido que a adoção de tais ferramentas, visa atingir objetivos específicos e claramente determinados, logo, quanto mais demoram a aparecer os resultados, menor é a confiança depositada no projeto e em seus integrantes, podendo inclusive, ser abortado por apenas consumir recursos (tempo, dinheiro e mão de obra) e não apresentar resultados concretos. Um projeto SIG bem conduzido é aquele capaz de produzir resultados, mesmo que aparentemente pequenos, em todas as etapas de seu desenvolvimento; e

- g) O que é um projeto SIG? Um projeto SIG não é parte integrante do software SIG que se adquire, pois aquele, é intrínseco a cada companhia onde será utilizado o software. Basicamente elaborar um projeto SIG, consiste em identificar problemas existentes passíveis de serem resolvidos com esta ferramenta; definir e priorizar objetivos; definir fases e estratégia de implantação, gerenciamento, custos e responsáveis por cada uma delas; definir fontes de recursos materiais e humanos; definir fontes de informação a serem utilizadas; definir responsável(is) pela manutenção das bases de dados; definir política de segurança do(s) sistema(s) (usuário comum, usuário com autorização para alterar o banco de dados, mídias para armazenamento de dados, etc); definir produtos a serem gerados; definir software(s) e hardware(s) a serem adquiridos; definir treinamentos a serem realizados; definir cronograma; etc.

Hoje os pequenos e médios SAA, isoladamente, não tem condições de fazer uma “escolha” sobre qual dos caminhos pode ou deve seguir, pois normalmente carecem de pessoal capacitado para fazê-la, logo, é necessário que sejam auxiliados neste processo por pessoal especializado - não em vender sonhos, mas sim soluções factíveis e realistas – que podem apresentar alternativas viáveis de como se chegar lá.

A crescente terceirização de serviços especializados – como é o caso do SIG e do MCSH - nos pequenos e médios SAA, invariavelmente acabam conduzindo a uma perigosa dependência destes em relação aos prestadores de serviço, já que estes, normalmente participam de todas as etapas do projeto e praticamente implantam todos os sistemas, fazem as adaptações que julgam necessárias, bem como, tem total controle sobre suas aplicações, logo, o SAA freqüentemente torna-se um mero usuário

dos sistemas e um “escravo” do consultor. É óbvia a atual necessidade de contração da figura do consultor, todavia, o SAA não pode deixar de “pensar”, pois ninguém sabe mais do que ele próprio (ao menos não deveria saber) das necessidades de sua companhia e de seus clientes.

5.4 Ação: Por onde começar?

Nada se começa pelo meio, ou pelo fim, e os “atalhos” são freqüentemente perigosos, ainda mais para os que não conhecem o caminho que trilham. Nesta etapa, será posto à prova todo o planejamento e a estratégia do projeto e, deve ser iniciada somente após se assegurar a disponibilidade dos recursos necessários à sua realização integral ou parcial (cada fase integralmente). Cada ação ou um conjunto delas, deve(m) ser desencadeada(s) de acordo com o cronograma definido, por exemplo:

a) Aquisição de software e hardware:

Software: O processo de aquisição do software SIG, é fundamental que seja solidamente baseado nas necessidades a que se destina, ou seja:

- Atenda as necessidades decorrentes das aplicações previstas para o SIG no âmbito do SAA, definidas em seu projeto;
- Esteja embasada nas avaliações de versões, sejam elas *demo* ou *shareware*, de softwares “potencialmente adequados” (i. e., se será adotado somente o formato vetorial, por que testar um software que emprega somente o formato *raster*? ou, que não possua outros requisitos requeridos no projeto do SIG?);

- Atenda a requisitos mínimos de “amigabilidade”, ou seja, ofereça uma interface amigável ao usuário;
- Possa interagir, integrar ou ser integrado por outros sistemas computacionais ou ainda, permitir o desenvolvimento de aplicações em seu ambiente (aspectos que devem ser previstos no projeto);
- Atenda necessidades mínimas quanto a assistência pós venda, tanto de manutenção e atualização do software quanto de custos e taxas decorrentes dos serviços prestados, bem como, como os mesmos podem ser prestados;
- Atenda os limites de custo previstos, sendo que este, deve ser considerado globalmente e incorporar tanto os valores de aquisição, manutenção, atualização e assessoria.

Hardware: Dado as características gráficas intrínsecas aos softwares SIG e a aplicação a que se destina, são necessárias algumas especificações mínimas quanto ao hardware, dentre as quais destacam-se:

- Computador – Normalmente um computador pessoal (*Personal Computer, PC*) é capaz de atender as necessidades da maioria dos softwares de SIG, desde que possuam um processador adequado (no mínimo um Pentium II); um disco rígido de capacidade adequada (no mínimo 4 Gigabytes); memória RAM suficiente (no mínimo 64 Megabytes); um sistema operacional compatível com o software SIG a ser utilizado (e. g., WINDOWS 98, UNIX); portas de entrada e saída em número adequado, para conectar todos os periféricos; bem como, acessórios que podem ser requeridos pelo software SIG (e. g., placa de som, multimídia). Somente em casos excepcionais exigirá a aquisição de estações de trabalho (e. g., RISK) de alto desempenho;
- Monitor – “Quanto maior melhor”, todavia, o custo cresce em relação ao seu tamanho, logo, cabe ao usuário escolher um monitor de tamanho tal, que atenda satisfatoriamente suas necessidades, seja colorido, e que “caiba” em seu orçamento;
- Mesa digitalizadora – Como um dos dispositivos que pode ser utilizado nos processos de digitalização de dados analógicos, é normalmente requerida em todo projeto SIG e, pode tanto ser útil na etapa de implantação do SIG quanto na

manutenção do sistema; normalmente uma única mesa digitalizadora é suficiente para dar manutenção na base de dados de um SAA de médio porte, logo, deve-se tomar alguns cuidados e avaliar cuidadosamente a aquisição de mais que um equipamento;

- Plotter – É um dispositivo indispensável a todo e qualquer SAA, pois é requerido para geração de material cartográfico (e. g., mapas); deve possuir configuração tal, que permita geração de material de boa qualidade e em tempo compatível com as necessidades do usuário; deve possuir uma memória RAM de no mínimo 4 Megabytes; é indispensável que seja colorido; deve ser capaz de ser “alimentado” com qualquer formato e tipo de papel;
 - Scanner - Como um dos dispositivos que pode ser utilizado nos processos de digitalização de dados analógicos, é eventualmente requerido no projeto SIG, podendo ser útil na etapa de implantação do SIG; ao contrário da mesa digitalizadora, um scanner (automático ou semi-automático) de elevada definição, tem custo elevado, logo, normalmente ao invés de se adquirir este dispositivo, é comum que o usuário interessado em digitalizar dados analógicos, contrate um terceiro que preste tal serviço, conseqüentemente, é pouco comum que o usuário final dos dados possua tal dispositivo, mesmo porque seria um investimento elevado;
- b) Treinamento de pessoal: O primeiro passo é definir quais serão os indivíduos da companhia que serão treinados; quais os níveis de conhecimento que possuem (o que possibilitará definir qual o grau de treinamento que será requerido); quais treinamentos serão necessários; qual(is) empresas estão capacitadas a oferecer o(s) treinamento(s); fazer cotação do custo do(s) treinamento(s); escolher a companhia que satisfaça tanto critérios de preço quanto de metodologia de ensino e conteúdo programático (especificado ou não pelo SAA), enfim, que satisfaça as necessidades do SAA; elaborar cronograma de treinamento; e iniciar o processo de capacitação de seu corpo técnico;
- c) Contratação de serviços especializados: A definição das atividades sujeitas à contratação de serviços especializados deve ser prevista no projeto SIG, logo, devem ser claramente conhecidos os serviços (ou atividades) de média à elevada

complexidade que serão realizados por terceiros. Todavia, é fundamental que o SAA analise a experiência de toda e qualquer empresa que pretenda lhe prestar serviços desta natureza, pois é fundamental que se avalie seus conhecimentos técnicos, condições de cumprir prazos estabelecidos, seriedade, além da mera análise da proposta comercial ofertada. É imprescindível a elaboração de um contrato de prestação de serviços, onde conste detalhadamente a natureza do(s) serviço(s) prestado(s), prazos para realização, vigência do contrato, condições de pagamento e fiscalização da prestação de serviços, enfim, as responsabilidades e deveres de cada parte. Deve ser escolhida a prestadora de serviço que seja capaz de atender tanto os requisitos de custo quanto as especificações técnicas definidas pelo SAA;

d) Levantamento e coleta, seleção e integração de dados:

- Levantamento – Deve-se proceder ao completo “rastreamento” das potenciais fontes de dados requeridos pelo SIG, devendo ser consideradas tanto as fontes internas (no SAA) quanto as externas (e. g., prefeitura, IBGE, órgãos governamentais). A coleta de dados deverá priorizar as fontes internas do SAA, pois estas, devem (ao menos deveriam) possuir a totalidade das fontes de dados com utilidade para o efeito; as fontes de dados externas ao SAA devem ser de integridade reconhecida, bem como, os documentos que possam ser utilizados para construção da BDDE;
- Seleção de documentos fonte – vide item 6.1 c);
- Integração de dados - Os dados contidos em diferentes fontes de dados devem ser agrupadas de acordo com o assunto que respeite, sua acurácia, precisão, etc. Como complemento a este item, vide o item 6.1 c).

e) Inserção de dados nos sistemas: A escolha da técnica de inserção de dados, ou seja, de digitalização de dados analógicos, é uma questão que não pode ser respondida simplesmente considerando a estrutura de dados requerida ou, admitida pelo software SIG, mas sim, analisando outras variáveis, tais como:

- Recursos disponíveis para custear a digitalização – A atividade de digitalização normalmente envolve significativos custos, podendo ultrapassar 70% do custo de

um projeto SIG e, varia em função da quantidade de dados a digitalizar, da precisão e acurácia requeridos, etc;

- Quantidade e qualidade do material a ser digitalizado – Se a quantidade de material é elevada e o tempo para digitalização é escasso, pode ser inviável a utilização da digitalização com uma única mesa digitalizadora (a menos que se aloque outras, mas deve ser evitado a compra de mais de um equipamento; ou mesmo, se terceirize a atividade) e, desde que se possua recursos financeiros disponíveis, pode se optar por utilizar a digitalização através de scanners automáticos ou semi-automáticos (primeiro os dados são captados como imagem e posteriormente transformados em vetores). Entretanto, se o material a ser digitalizado for de baixa qualidade, pode ser contra indicado a utilização de técnicas automáticas ou semi-automáticas, devendo recair a escolha sobre a digitalização através de mesa digitalizadora. Cabe ressaltar, que o constante desenvolvimento tecnológico dos scanners (e dos softwares gráficos associados) aliado à crescente produção e disseminação de dados digitais, tem contribuído sobremaneira para a redução do custo deste tipo de digitalização, custo este, que pode ser inferior ao da digitalização através de mesa digitalizadora, logo, cabe ao SAA conduzir uma ampla pesquisa sobre qual das técnicas melhor satisfaz suas necessidades (tanto de custo quanto de qualidade);
- Tempo disponível para realização da digitalização - Um método simples, mas pouco preciso, consiste em calcular o total de folhas (ou pranchas) em formato padrão (e. g., A0), que serão digitalizadas e dividir por dois (que é uma quantidade de folhas A0 possíveis de serem digitalizadas por dia, sobre um tema de média complexidade e, por um indivíduo de “média” experiência), o resultado será o número de dias requeridos para concluir a atividade. Uma alternativa ao número dois (valor cabalístico), é consultar um SAA (ou outra fonte qualquer) que já realizou a atividade sobre o mesmo tema;
- Disponibilidade de equipamentos e pessoal capacitado para a digitalização - Tanto o número de equipamentos quanto o de pessoal, deverá ser tal, que satisfaça todos os quesitos necessários ao bom desempenho da atividade de digitalização;

- Acurácia e precisão requeridas no material digital – Deve-se analisar a acurácia e precisão obtidas com cada técnica de digitalização, frente à acurácia e precisão requeridas pelo uso a que se destinam os dados digitais;
- Facilidades para contratação de terceiros – Empresas privadas tem mais facilidades para contratação de terceiros (serviços) que as públicas; etc.

É indispensável que o SAA esteja cômico que nem sempre a opção pela técnica mais rápida significa maior custo ou melhor qualidade, sendo o inverso igualmente verdadeiro, logo, a escolha da técnica a ser adotada deve ser embasada nestas e em outras variáveis que afetam diretamente a escolha, mesmo que se conclua que outra técnica de digitalização (mais adequada) deva ser adotada.

Quando se discute o tema custo de digitalização; o qual pode variar grandemente, pois é dependente da quantidade do material a ser digitalizado, da complexidade do tema, da precisão e acurácia desejadas, da área de cobertura, do nível de detalhamento, etc; não pode ser ignorado que parte do investimento requerido, poderá ou não ser alocado para aquisição de equipamentos e treinamento de pessoal.

Particularmente a aquisição de equipamentos deve ser cuidadosamente analisada pelo SAA, pois a aquisição de uma grande quantidade - por exemplo, de mesas digitalizadoras - que pode a princípio até ser justificada, pela quantidade de material a ser digitalizado ou, pelo tempo disponível para a digitalização, mas certamente não serão necessárias após a conclusão desta atividade, pois somente uma única mesa digitalizadora é suficiente (na maioria dos casos) para dar manutenção na base de dados.

Conseqüentemente, é essencial uma criteriosa análise da relação custo benefício das diversas alternativas que se apresentam à digitalização de documentos. A TAB. 5.4.1 apresenta algumas estimativas do custo de serviços de digitalização de documentos. O custo da digitalização e vetorização depende diretamente da escala do material fonte, assim como a do produto final, da precisão e acurácia requeridas e da(s) técnica(s) empregada(s); os valores apresentados na TAB. 54.1, tem a única finalidade de exemplificar o quanto pode variar o custo de tais serviços.

TABELA 5.4.1
Estimativas de custo de serviços de digitalização.

Serviços	Custo (R\$)		
	m2	Km2	por hora
Digitalização óptica	25,00	*	15,00 - 25,00
Vetorização (via mesa digitalizadora)	30,00	150,00	15,00 - 25,00
Vetorização (via scanner)	25,00	130,00	15,00 - 25,00

* normalmente calculado em função do tamanho da folha (e. g., A0).

- f) Tratamento de dados: Antes de iniciar a utilização dos dados (para geração de informações), é imprescindível que estes recebam um tratamento adequado para verificação de erros e falta de acurácia, tais procedimentos visam garantir um grau de qualidade da BDDE e, devem ser executados por pessoal especializado;
- g) Desenvolvimento de aplicações: O desenvolvimento de uma aplicação pode ou não estar prevista no projeto SIG, entretanto, pode ser desenvolvida paralelamente à implantação da base de dados, mas somente poderá ser testada após a “construção” da BDDE (ou a inclusão de dados fictícios), pois somente assim poderá ser efetivamente analisada e melhorada. Normalmente, o desenvolvimento de um aplicação decorre da necessidade particular de um usuário (ou um grupo deles) frente a problemas não previstos (ou não incorporados) no projeto SIG;
- h) Geração de produtos e informações: O projeto SIG define os principais produtos e informações a serem geradas pelo SIG, tais como: mapas (cadastral e temático), perfis, gráficos, estatísticas, análises espaciais, etc. É de grande importância que o SIG disponibilize seus produtos o mais rápido possível, pois através deles será efetivamente avaliada a utilidade do sistema.

Como parte da estratégia de planejamento, é imprescindível prever-se métodos de avaliação da progressão das ações desenvolvidas nesta etapa, ou seja, como saber se algo vai mal sem ter parâmetros para avaliá-la?

5.5 Análise dos resultados: E quando chegar lá?

O SAA deve estar consciente, que muitos dos “atalhos” que podem surgir ou mesmo serem sugeridos durante o andamento do projeto SIG podem comprometer os resultados obtidos e sua “felicidade quando chegar lá”, pois pode dificultar a integração com outros sistemas, a geração de produtos, etc. Mas, “chegar lá” não é simplesmente concluir a implantação do SIG, é operacionalizá-lo, integrá-lo ao MCSH, gerar produtos (mapas, gráficos, estatísticas, definir regras operacionais para o SDA, realizar simulações, etc), enfim, atingir os objetivos delineados inicialmente.

Certamente o que todo SAA quer, assim como qualquer outra empresa espera ao investir num SIG, é ser “feliz quando chegar lá”, ou seja, que seus objetivos tenham sido alcançados e que tenham valido os esforços e recursos dispendidos para obter seus dividendos. Mas engam-se os que pensam, que o trabalho terminou, pois um projeto SIG nunca termina e sempre haverá novas facetas do SAA, que podem ser exploradas através de novas aplicações SIG, além do que, o próprio SDA e o SCE, não são estáticos e tanto o SIG quanto o MCSH devem ser constantemente atualizados para que reflitam o mais fielmente possível suas realidades.

Uma implantação SIG-MCSH de sucesso significa uma viagem sem volta, pois certamente revolucionará a manipulação dos dados gerados ou mantidos pelo SAA, permitindo a obtenção de informações precisas e confiáveis, as quais são essenciais na tomada de decisões em qualquer processo decisório que os envolva, possibilitando desta maneira, uma gestão mais racional da companhia.

6 METODOLOGIA PARA SELEÇÃO E DIGITALIZAÇÃO DE DOCUMENTOS

A “construção” da BDDE requer, dentre outros parâmetros, a entrada de informações cartográficas (e seus atributos), geográficas, topológicas, além de atender restrições impostas pelo uso a que se destina esse arquivo digital, tais como: estrutura de dados (*raster* ou vetor), modelagem do mundo real e geocodificação.

A metodologia aqui proposta, batizada de SEDD, abarcará somente a seleção e digitalização de documentos, ou seja, toda fonte de dados que possa ser utilizada na construção da BDDE, bem como, sua transformação para o formato digital (digitalização). A FIG. 6.1 sintetiza os fundamentos da metodologia SEDD.

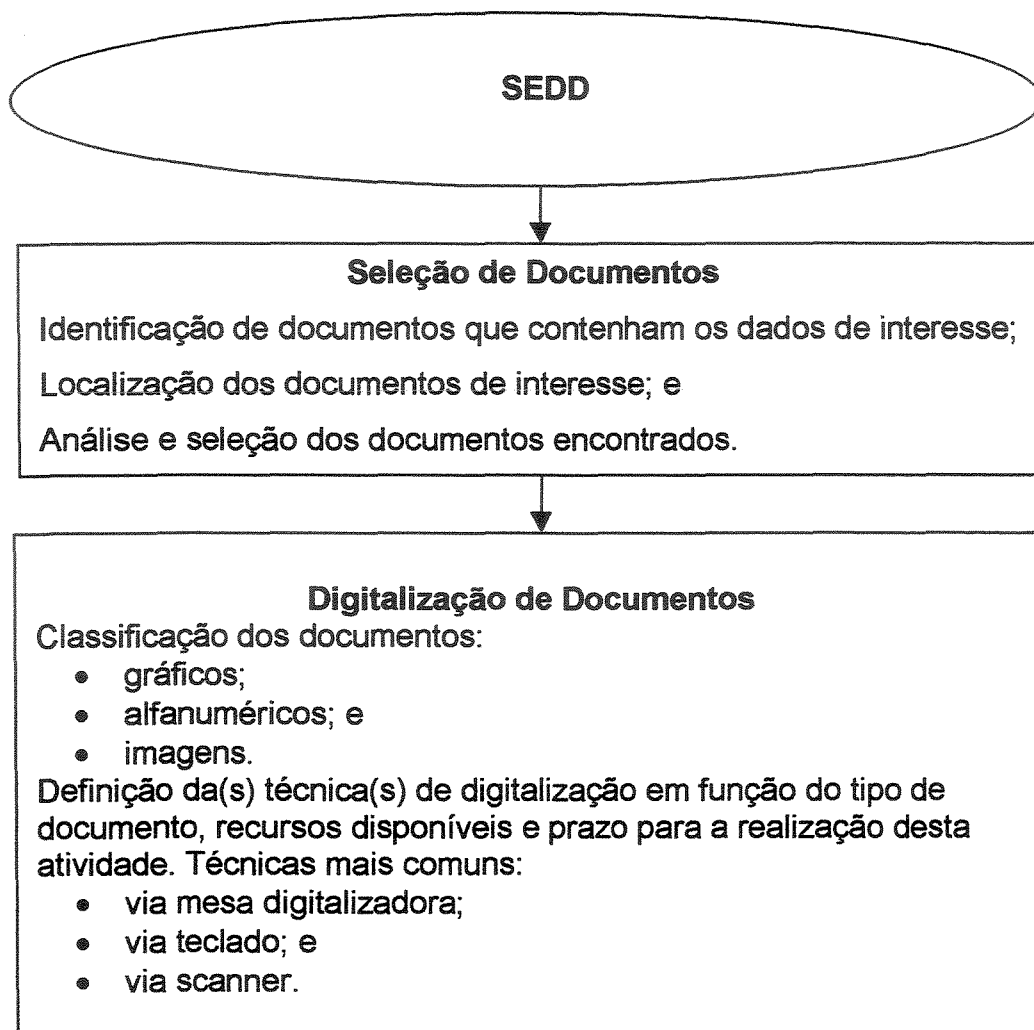


FIGURA 6.1 Fundamentos da Metodologia SEDD.

6.1 Seleção de Documentos

O início desta ação deve ser obrigatoriamente posterior à definição das informações, ou melhor dos dados, que serão requeridos pelo SIG e/ou pelo MCSH, esta ação, pode ser sumarizada pelas seguintes etapas:

a) Identificação de documentos: nesta fase, procede-se uma ampla pesquisa de quais documentos encerram ou podem encerrar os dados pretendidos, os quais normalmente estão dispersos pelo SAA ou mesmo podem pertencer ou ser de domínio de terceiros (e. g., levantamentos aerofotogramétricos, cartas diversas). É recomendável, classificar os dados segundo sua origem, ou seja, enquadrá-los nas seguintes áreas: técnica (elementos que constituem o SDA, cartografia, regras operacionais, parâmetros monitorados no SDA, etc), comercial (consumo, perfil socioeconômico do consumidor, etc). Os dados improvavelmente serão enquadrados na área administrativa, pois os produtos finais (informações) requeridos por esta, são baseados nos dados fornecidos pelas outras duas;

b) Localização de documentos: Promove-se um amplo levantamento no acervo de documentos da área (no SAA), que teoricamente abriga os dados pretendidos, os quais via de regra se resumem a:

- Arquivo cadastral: Encerra (ao menos deveria) projetos executivos, memoriais de cálculo, as *built* das obras, características dos elementos da SDA (material, diâmetro, marca, classe de pressão) e catálogos de equipamentos (bombas, válvulas). Normalmente, os dados pretendidos estão dispersos por vários documentos e em diferentes formatos (mapas, tabelas, croquis, textos, catálogos, etc) e ocasionalmente, em diferentes mídias (papel, CD-ROM, discos rígidos ou flexíveis, etc). É também o cadastro técnico ou acervo técnico, que encerra as informações cartográficas, ou seja, as projeções e datums de referência, cartas

planialtimétricas, cartas de uso e ocupação do solo, mapas do SDA e SCE, mapa viário e de logradouros, etc;

- **Operação do SDA:** Esta atividade, pode ou não, estar associada à produção e distribuição de água no SAA, mas independente a quem esteja subordinada, é ela que eventualmente possui os dados referentes a regras operacionais do SDA, bem como, seus parâmetros monitorados. As regras operacionais, via de regra, fazem parte de manuais de operação do SDA e normalmente estão dispostas na forma tabular. Já os parâmetros eventualmente monitorados (e. g., pressão, vazão e pH), podem estar disponíveis em gráficos e tabelas ou ambos, podem ainda, serem monitorados on-line por equipamentos eletro-eletrônicos que fornecem fluxo contínuo (ou não) de dados em formato digital ou analógico; e
- **Fontes externas:** Somente após localizar todos os documentos, que encerram os dados disponíveis no SAA, deve-se iniciar a busca por fontes externas, pois desta forma ele saberá exatamente quais dados precisará adquirir, em complementação ou em substituição, aos que dispõe. Uma das fontes externas que potencialmente podem disponibilizar dados ao SAA, são as prefeituras, pois estas mantêm (ao menos deveriam) a base cadastral do município atualizada, possuindo cartas de uso e ocupação do solo, mapas de propriedades e divisão territorial urbana e rural, etc. Instituições, como o IBGE, possuem cartas planialtimétricas com ocupação do solo, derivadas de aerolevantamentos e, dados de censo populacional, dentre outras informações de interesse. Outras instituições públicas ou privadas, poderão possuir informações de interesse sobre o município ou de sua área geográfica, tais como: imagens de satélite e/ou de radar ou ainda levantamentos aéreos recentes, mas esta pesquisa deve partir do próprio SAA.

Nesta etapa o mais importante é localizar e reunir todos os documentos, que contenham os dados pretendidos, todavia, devem ser adotados critérios para descarte de documentos que contenham erros grosseiros (réplicas, equipamentos e tubulações desativadas, manuais desatualizados, cartas muito antigas, projetos não executados, etc).

- c) **Análise e Seleção de Documentos:** Esta etapa, compreende a análise e seleção dos documentos localizados com validade para o efeito, ou seja, os documentos que

realmente poderão ser utilizados na construção da BDDE. Dentre os principais pontos a serem considerados encontram-se:

- **Confiabilidade:** Avalia-se qual o grau de confiabilidade do documento. Pode até se definir critérios para avaliar qual seria esse “grau” (e. g., obra executada pelo SAA ou por terceiros? obra possui as *built* ? obra possui projeto executivo?, etc). Documentos de média confiabilidade, podem ser utilizados, desde que se prevejam sua gradativa atualização através de levantamentos de campo, a fim de checar sua integridade e consistência. Já os documentos de baixa confiabilidade devem ser evitados e sua utilização restringe-se a título de “ilustração” dos cenários do SDA, uma vez que tem utilidade limitada, estes, preferivelmente devem ser descartados e substituídos por levantamentos de campo. Se o documento é externo ao SAA, deve-se avaliar a reputação da fonte geradora, as técnicas empregadas em sua produção, bem como, a qualidade do mesmo; e
- **Integridade e Consistência:** Avalia-se a originalidade dos documentos, ou seja, se são originais ou cópias perfeitas destes, se foram gerados a partir de medições ou observações de campo ou derivados destas, se são contínuos no tempo e no espaço (e. g., medição de parâmetros), se as partes eventualmente dispersas encaixam-se, ou mesmo completam-se, etc. Atenção especial deve ser dispensada às cartas, mapas e levantamentos topográficos obtidos por diferentes técnicas (levantamento convencional, aerofoto, estação total, GPS, satélite, etc), pois cada uma delas emprega “artifícios”, para melhor representar o mundo real e, não é simplesmente consultando a escala do material gráfico ou digital, que se pode avaliar sua integridade e/ou consistência. Logo, o responsável pela análise destes documentos deverá ser conhecedor das técnicas empregadas na obtenção de cada um, bem como, dos erros decorrentes da integração entre documentos obtidos através de diferentes técnicas, sem a devida correção das mesmas. Deve-se selecionar somente os documentos com elevado grau de integridade e consistência, ficando a juízo do SAA, utilizar os de média e baixa, todavia, estes podem ser utilizados a título de “ilustração” dos cenários do SDA, desde que não existam outros de melhor qualidade, devendo os mesmos, serem substituídos por levantamentos de campo o mais breve possível.

O SAA deve estar consciente, que a qualidade final das informações e dos produtos gerados pelo SIG e pelo MCSH, estão diretamente relacionados à qualidade dos dados inseridos na BDDE, logo, os critérios para seleção dos documentos que encerram tais dados, devem ser constantemente avaliados e refinados, pois somente com esta filosofia em prática, será capaz de realizar um trabalho de qualidade garantindo assim, a solidez e consistência das bases de implantação destas ferramentas computacionais.

6.2 Digitalização de Documentos

As técnicas a serem utilizadas na digitalização de documentos, estão intimamente ligadas à estrutura de dados empregada no software SIG, a qual deve ser compatível com a requerida pelo MCSH, logo, deve-se vetorizar as entidades gráficas (linhas, polígonos e pontos), quando a estrutura é vetor e escanear (imagens), quando a estrutura é *raster*, ou mesmo, uma combinação de ambas as técnicas, quando o software suportar as duas estruturas de dados, ou ainda, utilizar o scanner automático ou semi-automático, para escanear entidades gráficas vetoriais e, posteriormente converter as imagens para o formato vetorial (técnica viável para grandes quantidades de documentos). Para maiores detalhes sobre “vetorização” vide ANEXO I.

Tradicionalmente os MCSH empregam estruturas de dados vetoriais, logo, será enfocado principalmente as técnicas de digitalização relacionadas à vetorização, já que os SIG (destinados ao SAA) obrigatoriamente deverão possuir essa estrutura, o que não os impede de também empregar estruturas de dados *raster*. Muitas, são as

técnicas de digitalização, todavia, aqui serão abordadas somente as mais usuais, ou seja a digitalização via mesa digitalizadora , via teclado e via scanner.

Somente são digitalizados documentos em papel (ou similares) ou, empregando sobreposição em imagens digitais (e.g., imagem *raster*, ortofotos), todos os outros documentos, que contenham dados em formato digital, não passam por esse processo, devendo sim, serem adequados ao formato digital requerido pelo SIG. O primeiro passo, consiste em classificar os documentos que contém os dados que se pretende digitalizar, estes devem ser enquadrados basicamente em três grupos:

- a) Gráficos: Neste grupo, se enquadram cartas, mapas, croquis, *as built*, projetos e congêneres. Este grupo, deve ainda ser subdividido em duas partes:
 - Material em escala: Os documentos em escala (e. g., cartas, projetos) devem receber tratamento diferenciado dos demais, pois podem ser digitalizados via mesa digitalizadora ou via teclado (fornecendo suas coordenadas); e
 - Material fora de escala: Os documentos fora de escala ou com escala desconhecida (e. g., croquis), devem obrigatoriamente ser digitalizados via teclado (visualmente através do monitor);
- b) Alfanuméricos: Neste grupo, se enquadram tabelas, gráficos, textos, enfim informações que pertençam às entidades georeferenciadas, ou não, normalmente os dados contidos nestes documentos são os atributos das entidades gráficas. A digitalização deste grupo é feita via teclado; e
- c) Imagens: Neste grupo, se enquadram fotos, fotos aéreas, ortofotos, imagens de satélite e *raster* e congêneres, estes documentos podem ser divididos de acordo com o tipo de formato:
 - Papel: Os dados estão armazenados em papel, logo, devem ser digitalizados via mesa digitalizadora e alternativamente poderão ser escaneados (fotos), quando objetivarem a inserção de imagens no SIG; e
 - Digital: Os dados estão armazenados numa mídia digital qualquer, logo, podem ser digitalizados através do teclado (visualmente através do monitor) utilizando a imagem como “pano de fundo” ou através de equipamentos automatizados e softwares específicos (estas técnicas especiais não serão abordadas).

A seguir, estão apresentadas sucintamente as três técnicas de digitalização mencionadas:

a) Via Mesa digitalizadora: É uma das técnicas, mais comum para vetorização de documentos em papel (especial ou não), é de fácil aprendizado, sua produtividade depende diretamente da complexidade do tema e da qualidade cartográfica do material fonte. Possui como inconvenientes:

- Variação da acurácia e precisão em cada nova orientação do material fonte, especialmente, quando se trabalha com grandes pranchas de papel (e. g., A1, A0), pois faz-se necessário deslocar o papel sobre a mesa digitalizadora e reorientá-lo novamente, logo, cada prancha ou parte dela possuirá uma acurácia e precisão diferentes; e
- Impossibilidade de atribuição dos valores reais aos elementos digitalizados, logo a acurácia e precisão da digitalização, depende da habilidade do digitalizador e da qualidade do material fonte.

Além dos inconvenientes citados, outros fatores que devem ser considerados são o custo e a qualidade serviço, seja este, executado pelo próprio SAA ou por terceiro. A mesa digitalizadora é um equipamento relativamente caro, mas pode ser preferível que o SAA a adquira e forneça treinamento a um de seus colaboradores, pois desta forma possuirá autonomia para impor o ritmo e a qualidade, que se deseja no trabalho a ser desenvolvido. Todavia, é necessário ter consciência que a acurácia e precisão proporcionadas por esta técnica, **sempre dependerão** da habilidade do digitalizador e, habilidade só vem com o decorrer do tempo, o que pode ser um fator conflitante entre os interesses do projeto SIG;

b) Via Teclado: Esta técnica de digitalização, pode ser subdividida em duas formas distintas:

- Visualmente: É a técnica mais simples e rápida, mas pouco acurada, para vetorização, é utilizada quando não se dispõe de mesa digitalizadora ou mesmo, quando se deseja representar entidades gráficas fora de escala ou ainda, deslocadas de sua posição real no espaço. Esta forma de digitalização deve ser usada com reservas e consciência de sua limitação; e

- Numericamente: Esta é a técnica mais acurada de digitalização, pois através do teclado se insere todas as coordenadas, que definem as entidades gráficas, logo, a acurácia e precisão da digitalização dependem única e exclusivamente da acurácia e precisão do material fonte. Esta técnica, tem como principal desvantagem a baixa produtividade. Também através do teclado são inseridos os dados alfanuméricos. É um técnica pouco utilizada para digitalização de dados gráficos; e
- c) Via Scanner: Esta técnica de digitalização normalmente oferece maior produtividade que as demais, todavia, a acurácia, precisão e definição do material fonte, além da resolução do equipamento empregado, determinam a qualidade, acurácia e precisão do produto final. Vale ressaltar, que por maior que seja a resolução do equipamento utilizado sempre há perda na definição da imagem gerada, logo, quanto menor for a definição do material fonte e a resolução do equipamento, menor será a qualidade da imagem gerada, sendo o inverso igualmente verdadeiro. Os arquivos de imagens, gerados por scanners, normalmente são “grandes”, logo, freqüentemente torna-se necessário o uso de softwares auxiliares para convertê-los para outros formatos mais “compactos”, que mantenham a qualidade do original e sejam suportados pelo software SIG utilizado.

Da qualidade obtida na digitalização, dependem a precisão e acurácia dos produtos finais do SIG e do MCSH, pois de nada adianta dispor de bons documentos fonte, se não for capaz se digitalizá-los adequadamente, com as técnicas adequadas e os cuidados que merecem. É uma ilusão pensar, que os dados podem ser “melhorados” durante os processos de digitalização, pois é inerente à maioria deles a capacidade de degeneração dos dados, capacidade esta, normalmente acentuada nos processos que dependem da habilidade humana. Logo, os dados tendem a perder sua qualidade, desde que são inseridos no SIG, o que torna indispensável que sua digitalização seja encarada como uma etapa crítica na construção da BDDE.

Das três técnicas de digitalização apresentadas, duas são mais utilizadas: a via mesa digitalizadora e via scanner, sendo que a segunda, está continuamente

oferecendo produtos digitais de melhor qualidade (e. g., acurácia, precisão, definição) e menores custos. Quando utilizar uma ou outra técnica? – vide item 5.4 e).

7 ESTUDO DE CASO

Como previsto, a etapa mais crítica na execução do Estudo de Caso, não foi a estruturação do banco de dados ou os processos de importação, georeferenciação e geocodificação dos dados do projeto "Cerquilha" (no SPRING), mas sim, o processo de transferência de dados, da base de dados do SIG, para o MCSH. Para viabilizar a realização do processo, foi necessário o desenvolvimento de uma aplicação computacional, batizada de "FILTRO", que se encontra esquematizada na FIG. 7.1.

Através da aplicação "FILTRO", a qual incorpora o método *element fragmentation*, executam-se os seguintes procedimentos:

- a) Identifica-se no arquivo texto (FIG. 7.2) gerado pela função "Exportar" do SPRING (FIG. 7.3), os elementos (predefinidos) representados pontualmente no SIG, requeridos linearmente pelo MCSH;
- b) Criam-se elementos lineares a partir de sua representação pontual (nó), ou seja, fragmenta-se o elemento linear "tubo", que está a jusante de uma das representações pontuais (elementos "não tubo") "bomba", "reservatório" ou "válvula". Este procedimento é ilustrado pelas FIG. 7.4, 7.5 e 7.6, resumindo-se nos seguintes passos:
 - através da atribuição de uma dimensão predefinida, define-se as coordenadas XY do novo elemento linear criado a partir da fragmentação o elemento tubo a jusante, todavia, essa fragmentação é apenas um artifício para se obter um

ponto sobre a reta definida pelo elemento “tubo”, uma vez que, o MCSH não requer dados de comprimento sobre os elementos “não tubo”, logo, o comprimento dos tubos é preservado;

- uma vez, criado o novo nó, este “herdará” a coordenada Z do nó a montante (do qual ele se originou) e receberá um rótulo contendo um número de ordem imediatamente posterior ao último nó numerado;
- o elemento linear criado (bomba, reservatório ou válvula), recebe o rótulo do elemento, que o representa, bem como, todos os atributos armazenados na base de dados a eles relacionados.

c) Identifica-se os nós de montante e de jusante de cada elemento (bomba, reservatório, tubo e válvula), admitindo a hipótese de que o primeiro par de coordenadas XY, apresentado no arquivo texto gerado pelo SPRING, é o nó de montante (FIG. 7.7);

d) Associam-se dados dispersos em várias tabelas e gera-se um arquivo texto no formato requerido pelo SPERTS (FIG 7.8), contendo todas as informações sobre o SDA, disponíveis na base de dados do SPRING.

As FIG. 7.9 e 7.10 ilustram parte do SDA, de uma mesma região geográfica, antes e depois de executada a aplicação “FILTRO”, representada no SPRING e no SPERTS respectivamente. A FIG. 7.11 apresenta uma vista geral do modelo matemático, gerado a partir do fragmento do SDA (modelo hidráulico) utilizado (vide FIG. 4.1.3).

O método *element fragmentation* e a aplicação “FILTRO”, mostraram-se eficientes neste estudo de caso, pois foram capazes de transferir integral e fidedignamente toda a representação vetorial, bem como, seus atributos associados armazenados na base de dados do SPRING, ou seja, a realidade física do SDA foi integralmente mantida durante o processo de geração do modelo matemático, para posterior manipulação no SPERTS.

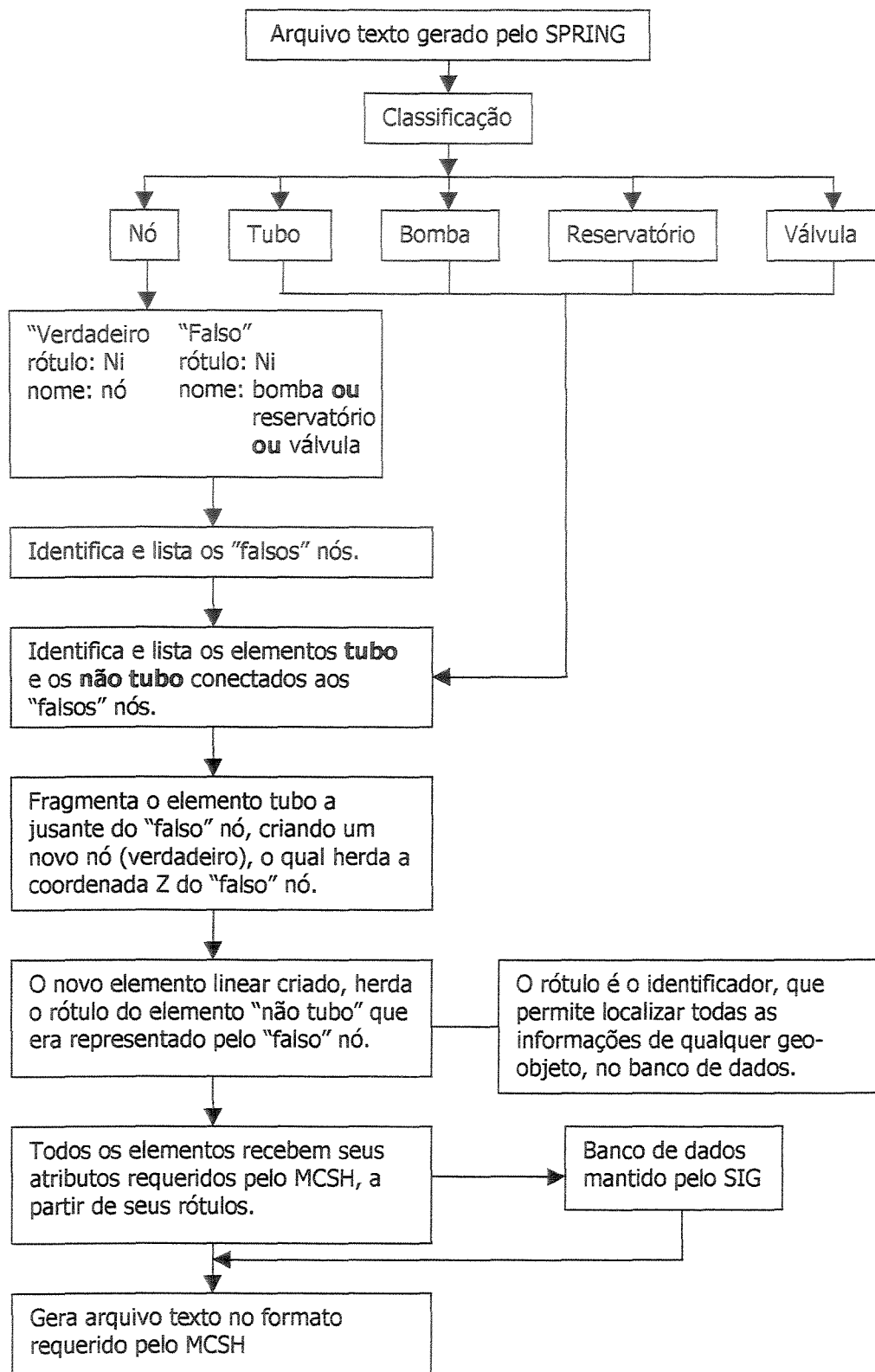


FIGURA 7.1 Esquema representando a aplicação "FILTRO".

```

NETWORK_OBJECTS
INFO
//Identificadores dos Polígonos e das Linhas Classificadas
//Arquivo ASCII gerado pelo Sistema SPRING
//Projeto: Cerquilho1 - Plano de informação: mapa_tubos_projeto
//Categoria: Redes_agua - Modelo: NETWORKMODEL
DATUM NONE, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000
PROJECTION NO PROJECTION/NONE, 1, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000
BOX 2115931.300000, 887236.100000, 2122451.300000, 891756.100000
UNITS Metros
SCALE 5000.000000
SEPARATOR ;
//Formato coordx ; coordy ; label ; name ; category_obj
INFO_END
2119570.306644 ; 889796.798388 ; NO052 ; valvula ; Nos ; NODES
2119568.194616 ; 889780.457652 ; NO053 ; no ; Nos ; NODES
2119559.262678 ; 889780.181229 ; NO054 ; valvula ; Nos ; NODES
2119556.407050 ; 889690.806427 ; NO055 ; no ; Nos ; NODES
2119560.163520 ; 889690.249612 ; NO056 ; no ; Nos ; NODES
2119555.825388 ; 889685.445789 ; NO057 ; no ; Nos ; NODES
2119546.949836 ; 889686.376565 ; NO058 ; valvula ; Nos ; NODES
2119320.005899 ; 889480.190444 ; NO464 ; reservatorio ; Nos ; NODES
END

```

FIGURA 7.2 Fragmento do arquivo texto gerado pelo SPRING.

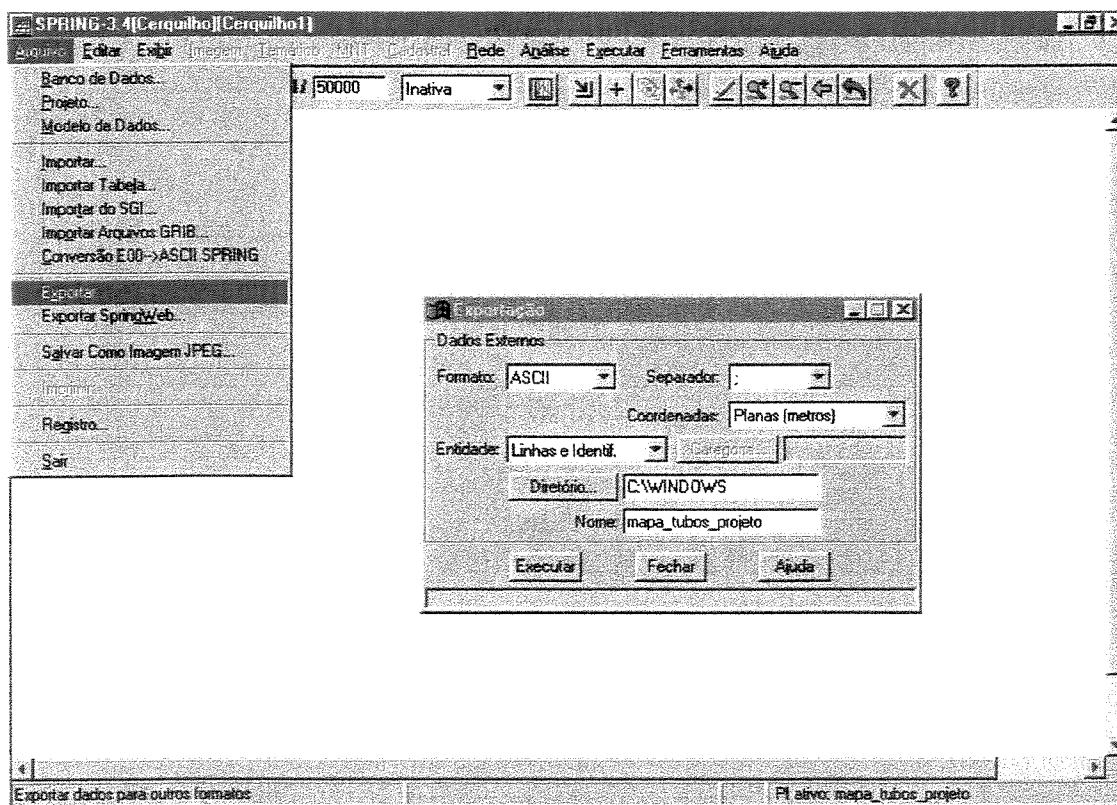


FIGURA 7.3 Função de exportação de dados do SPRING.

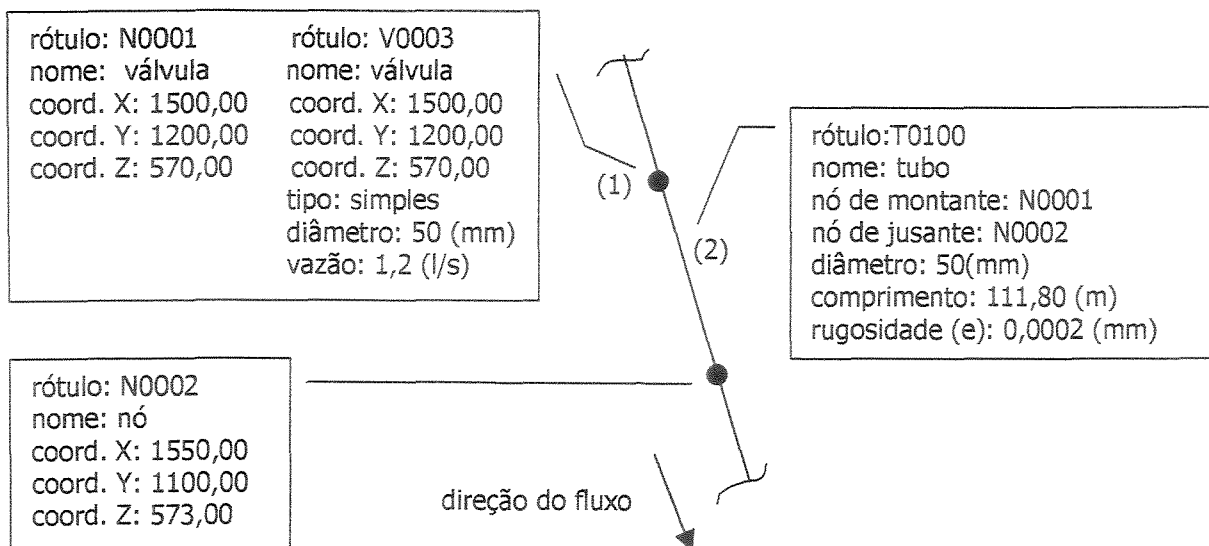
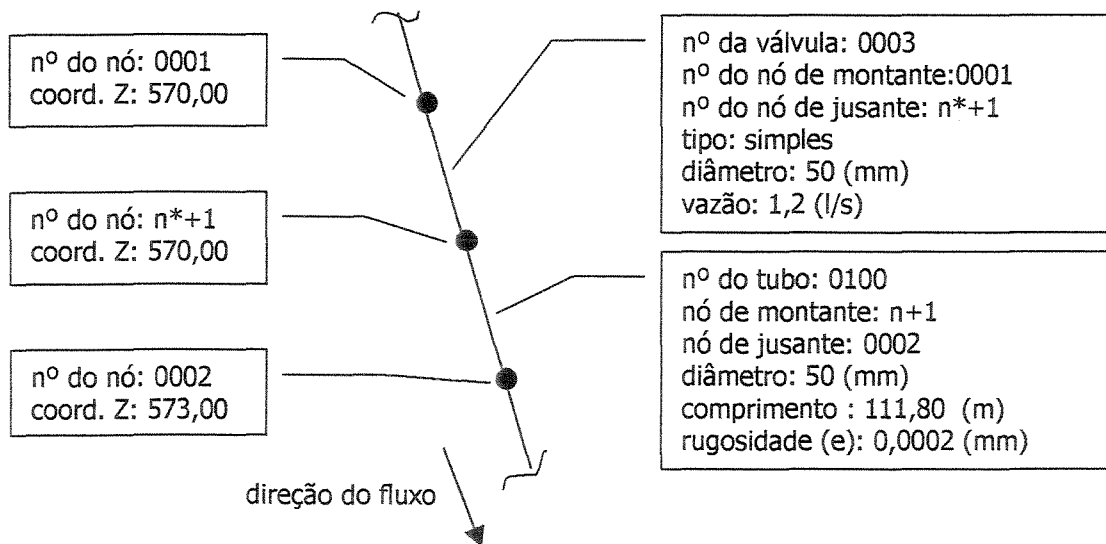


FIGURA 7.4 A representação pontual (1) apresenta o “falso nó” que contém o elemento “não tubo”, a ser representado linearmente a partir da fragmentação da representação linear (2).



n* = número sequencial dos nós existentes.

FIGURA 7.5 Fragmentação concluída – o elemento “não tubo” já está representado linearmente; o nó criado já foi rotulado e herdou o valor da coordenada Z.

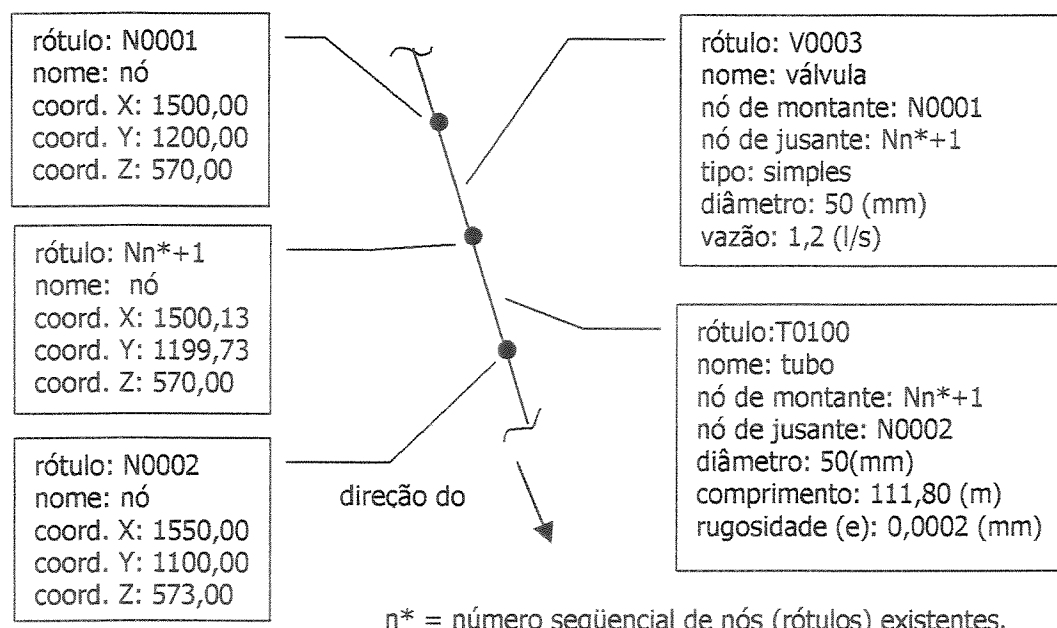


FIGURA 7.6 Os elementos lineares e pontuais recebem seus atributos (requeridos pelo SPERTS) do banco de dados do SPRING.

```

NETWORK_OBJECTS
INFO
//Identificadores dos Poligonos e das Linhas Classificadas
//Arquivo ASCII gerado pelo Sistema SPRING
//Projeto: Cerquilho1 - Plano de informação: mapa_tubos_projeto
//Categoria: Redes_agua - Modelo: NETWORKMODEL
DATUM NONE, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000
PROJECTION NO PROJECTION/NONE, 1, 0.000000, 0.000000, 0.000000,
0.000000
BOX 2115931.300000, 887236.100000, 2122451.300000, 891756.100000
UNITS Metros
SCALE 5000.000000
SEPARATOR ;
//Formato coordx ; coordy ; label ; name ; category_obj
INFO END
2118880.604724 ; 890244.976357 ; T0500 ; tubo ; Tubos_agua ; NODES
2118879.596259 ; 890234.161638 ; T0500 ; tubo ; Tubos_agua ; NODES
2118879.596259 ; 890234.161638 ; T0501 ; tubo ; Tubos_agua ; NODES
2118886.451466 ; 890235.802590 ; T0501 ; tubo ; Tubos_agua ; NODES
2118886.451466 ; 890235.802590 ; N0006 ; valvula ; Nos ; NODES
2118879.596259 ; 890234.161638 ; N0007 ; no ; Nos ; NODES
2118880.604724 ; 890244.976357 ; N0008 ; valvula ; Nos ; NODES
END

```

Nota: os grifos indicam que o nó 7 está a jusante do tubo 500 e a montante do tubo 501.

FIGURA 7.7 Identificação dos elementos do SDA relacionados aos nós e suas respectivas localizações (montante ou jusante).

cerquinho.sps - Notepad

File Edit Search Help

2115931300000	887236100000	2122451300000	891756100000
555	614	2	81
1	2118924706521	890270277393	573.8 0.00
2	2118921806415	890267242081	574 0.00
3	2118892086069	890237078485	575.4 0.00
4	2118889294229	890238812505	575.2 0.00
5	2118886108484	890240969573	575.15 0.00
6	2118886451466	890235802590	575.4 0.00
7	2118879596259	890234161638	575.3 0.00
8	2118880604724	890244976357	574.7 0.00
9	2118880749165	890226447933	575.8 0.00
10	2118879918394	890214685203	576.3 0.00
11	2118874385570	890174051943	578.1 0.00
12	2118872311078	890173926198	578.1 0.00
13	2119046755287	890145570093	579.6 0.00
14	2119044128307	890142112615	579.0 0.00
15	2119011818696	890093047611	582.1 0.00
16	2119008060450	890086585260	582.5 0.00
17	2118861445196	890061476197	583.4 0.00
18	2118833828274	890065887294	581.6 0.00
19	2118835060176	890075771357	580.9 0.00
20	2118826562001	890066910503	581 0.00
21	2118776937426	890075455720	577.6 0.00
22	2118779150374	890064518099	577.9 0.00
23	2118654696333	889974211667	575 0.00
24	2118659094281	889963815079	575 0.00
25	2118481874556	889871667899	579 0.00
26	2118489463154	889863708422	579.4 0.00

Nota: Este Fragmento apresenta os limites mínimos e máximos do desenho (1ª linha); as quantidades de nós, tubos, reservatórios, bombas e válvulas (2ª linha); o número do nó, as coordenadas X, Y e Z e a demanda em cada nó (3ª linha em diante).

FIGURA 7.8 Fragmento do arquivo texto gerado pela aplicação "FILTRO".

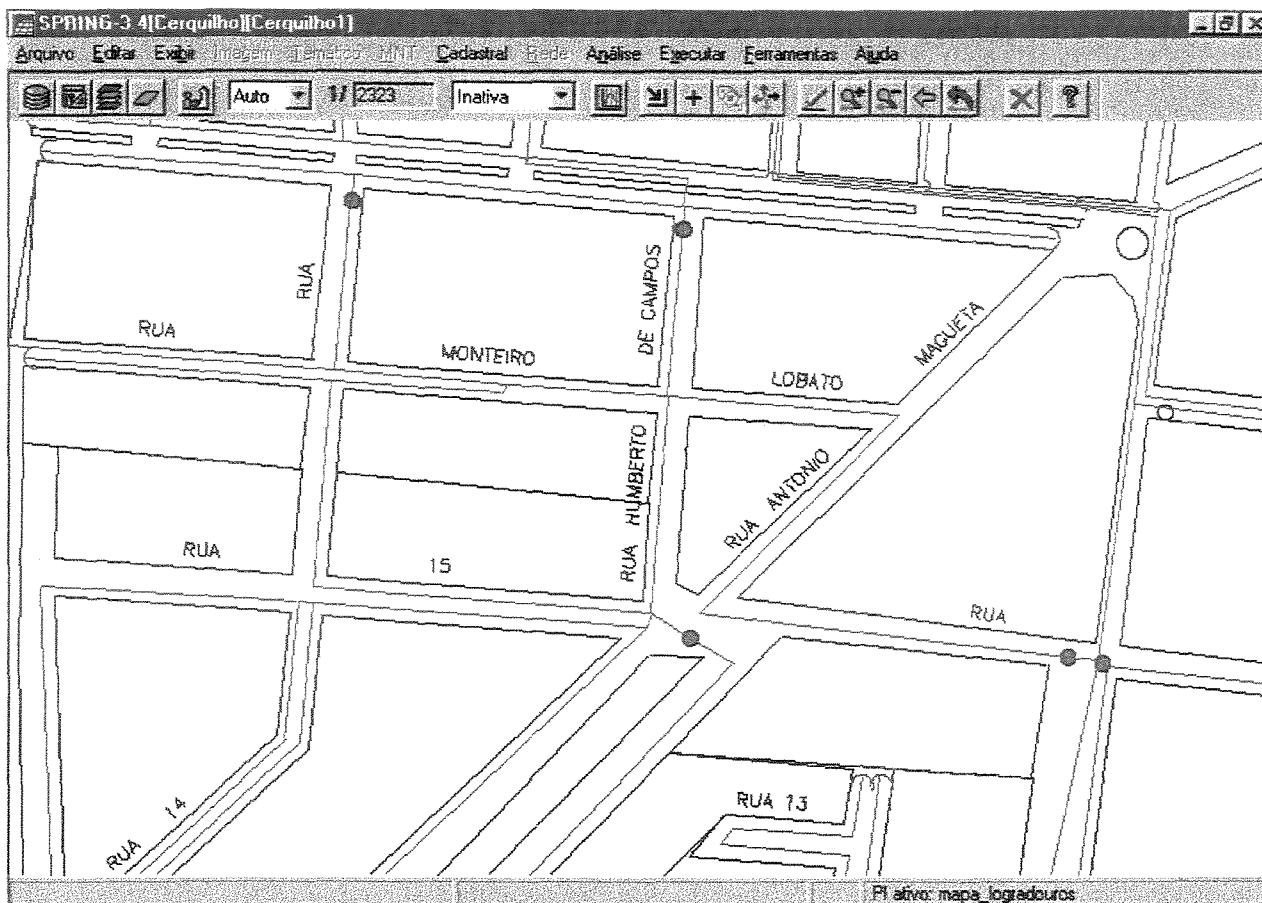


FIGURA 7.9 Fragmento (região x) do modelo hidráulico representado cartograficamente pelo SPRING.

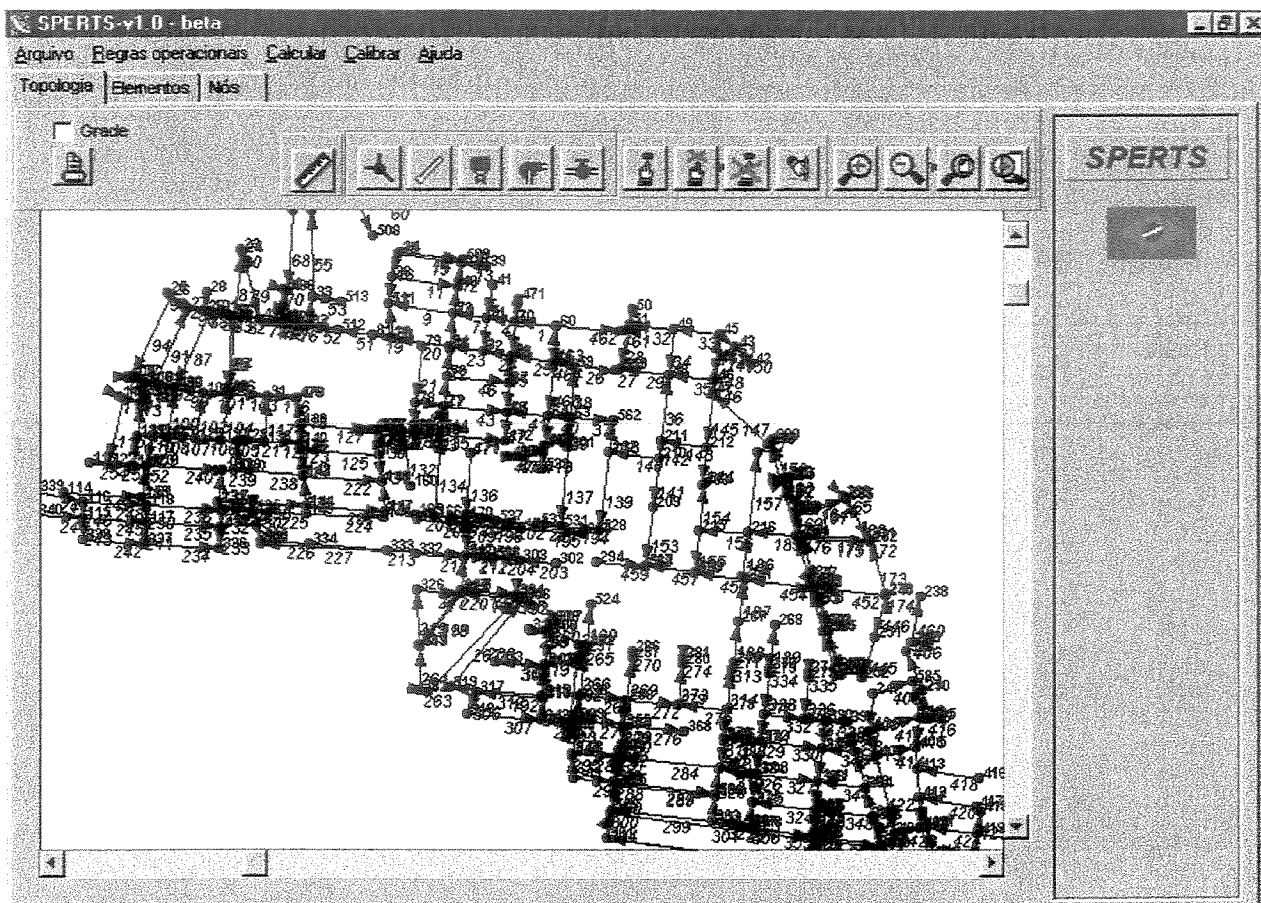


FIGURA 7.11 Vista geral do modelo matemático.

8 ANÁLISE DOS RESULTADOS

8.1 Quanto às Metodologias

As metodologias apresentadas, foram baseadas nos subsídios fornecidos pela revisão bibliográfica, pelo Estudo de Caso e na experiência profissional do autor, componentes estes, que permitiram propor as metodologias básicas, para planejamento e implantação do SIG e sua integração ao MCSH, bem como, para a seleção e digitalização de documentos para construção da BDDE.

A simples formulação de uma metodologia, não implica que foi resolvida a problemática, que envolve a adoção do SIG e do MCSH pelo SAA, pois este, deve estar consciente, que não há um problema igual ao outro, que não basta dispor de recursos sem saber em que e como investí-los. O SIG, por natureza é um projeto multidisciplinar e naturalmente envolverá toda ou grande parte da companhia, logo, é necessário que os envolvidos estejam motivados e sejam capacitados para desenvolvê-lo. As metodologias apresentadas não tem a pretensão de postular regras à serem seguidas, mas sim, objetivam apresentar informações básicas aos SAA, que planejam adotar as

ferramentas computacionais SIG e MCSH, ficando a critério daqueles, adequar ou não tais metodologias a sua realidade.

8.2 Quanto ao Estudo de Caso

A topologia empregada no desenvolvimento do trabalho, mostrou-se eficaz na representação e relacionamento de todos os elementos do SDA, a simplicidade da topologia arco-nó, requerida pelo modelo de dados "Redes" do software SPRING, permitiu representar sem dificuldade todos os elementos. Todavia, a parte prática do estudo de caso em questão, centrou-se na geração da base de dados SIG e sua exportação para o MCSH, logo, não ocupou-se demasiadamente com questões de editoração da base de dados, visando a produção de material cartográfico. A topologia, mostrou-se adequada para partilhar dados entre SIG-MCSH (e vice versa) e qualquer representação (e. g., simbologia), que se queira inserir numa base de dados como essa, deverá obrigatoriamente ser feita em outra "camada" ou modelo de dados.

Conforme, apresentado no item 3.2.1.2, as diferentes representações requeridas dos elementos do SDA, (bomba, reservatório e válvula) pelos modelos cartográfico e matemático, impõem claras restrições à transferência dos dados, entre SIG-MCSH, sem um prévio tratamento.

Como alternativa aos métodos apresentados por FEINBERG e UHRICK, avaliou-se o emprego da Técnica *Fuzzy*, o que foi logo descartado, visto que, seu emprego traria mais complicações do que refinamento no processo de tratamento dos

dados. Aventou-se utilizar tal técnica para não criar “nós artificiais” , ou seja, todo elemento representado por um ponto teria uma área de influência e “assumiria” como sua dimensão o menor segmento de reta pertencente a ela. Como ponto negativo desta técnica, ressalta-se o “descarte” de elementos tubo, pois o mesmo é substituído por elementos “não tubo”, desprezando suas informações e deformando o modelo hidráulico. Essa técnica, nem sequer foi implementada, logo, foi impossível avaliar seu verdadeiro impacto na geração do modelo matemático.

A aplicação “FILTRO”, desenvolvida no software *Visual Basic 6.0*, mostrou-se eficiente tanto na velocidade de processamento, quanto no tratamento dos dados, deste Estudo de Caso. No processo de tratamento dos dados, durante sua exportação do SIG para o MCSH, foi adotado o método *element fragmentation* como solução às necessidades de representação requeridas pelo MCSH. A escolha justifica-se, pela fidelidade da representação do modelo real, pela “simplicidade” e eficiência da técnica.

O tratamento de dados utilizado garantiu a perfeita e completa transferência dos dados requeridos pelo MCSH, que estavam armazenadas no SIG, assegurando desta forma, a integridade entre o modelo hidráulico (que retrata o mundo real) e o modelo matemático (que retrata computacionalmente o mundo real).

9 CONCLUSÕES

A adoção das ferramentas computacionais SIG e MCSH são viáveis para os pequenos e médios SAA, entretanto, é necessário superar barreiras e talvez a mais difícil delas seja informar os SAA desinformados, pois as técnicas são provavelmente as mais fáceis.

É lamentável a falta de importância, que grande parte dos SAA dispensam aos seus cadastros técnicos, cadastros estes, que são seu verdadeiro “tesouro”, pois encerram grande parcela dos dados necessários para implantação do SIG e conseqüentemente do MCSH. Infelizmente os SAA somente se conscientizam de sua importância, quando planejam adotar o SIG e se dão conta de quão dispendioso, demorado e difícil é recuperar as informações que neles deveriam constar.

O despreparo dos SAA para alavancar projetos de implantação do SIG é inegável, todavia, as metodologias propostas (por mais elementares que possam parecer), são subsídios que podem auxiliar os SAA a “despertar” tanto para o SIG quanto para o MCSH, ferramentas estas, comprovadamente capazes de otimizar o gerenciamento de um SAA.

As metodologias propostas certamente não são a palavra final sobre os temas que abordam, pois seus objetivos são única e exclusivamente o de balizar a

implantação do SIG e as possibilidades de sua integração a um MCSH, logo, cabe aos eventuais usuários adequá-las às suas particularidades e necessidades, bem como, sua constante aprimoração e detalhamento. Conseqüentemente, nada mais são que a apresentação de tópicos fundamentais sobre os quais, deve ser iniciada a discussão sobre a adoção do SIG e do MCSH.

As metodologias propostas, apesar de sua simplicidade, são suficientes para orientar qualquer pequeno ou médio SAA, que pretenda adotar o SIG e/ou o MCSH, entretanto, suas eventuais deficiências, decorrentes da abordagem superficial de algum assunto, podem ser sanadas através da consulta de bibliografias específicas (ver referências bibliográficas), que permitirão um maior aprofundamento sobre os mesmos.

O mérito das metodologias propostas, não está na solução de uma caso particular, mas sim, em sua aplicabilidade a praticamente qualquer SAA, pois todo e qualquer SDA é composto por elementos tubos, válvulas, bombas, reservatórios e alguns outros acessórios (que podem ser considerados como similares aos elementos já definidos), que independente do tamanho e complexidade do sistema, localização geográfica, forma de gerenciamento, operação e manutenção, continua sendo apenas uma rede de distribuição de água, logo, as metodologias são aplicáveis, com as adaptações e refinamentos que cada caso certamente requer.

É inegável a existência da mais variada gama de softwares SIG e MCSH, que distinguem-se pelo custo, complexidade, abrangência, disponibilidade de ferramentas auxiliares, facilidade de uso, dentre outros aspectos. Logo, a solução técnica, para a otimização das atividades do SAA, que deles podem se beneficiar, existe, é possível e acessível de acordo com os recursos de cada um. Entretanto, não basta tecnologia e recursos para adquiri-la, mas basicamente, é necessário uma mudança de postura e conduta dos SAA, pois é fundamental que se conscientizem que mudar para melhorar, é preciso, não somente para melhor gerir a companhia, mas também para utilizar racionalmente os recursos hídricos que dispõe.

10 RECOMENDAÇÕES

Em decorrência do exíguo tempo disponível, para a realização deste trabalho, não foi possível o desenvolvimento de uma “aplicação”, que permita a representação dos resultados de simulações e de novos cenários criados pelo MCSH, que são passíveis de serem visualizados e manipulados pelo SIG, logo, seria de grande valia que o assunto continuasse a ser pesquisado e conseqüentemente, equacionado.

Em função das próprias limitações, admitidas desde o início deste trabalho, quanto às dimensões dos SAA, a geração do modelo matemático a partir da base de dados mantida pelo SIG, poderá ser influenciada pela dimensão dos grandes SAA. Logo, a completa transferência dos elementos do SDA armazenados no SIG, poderá não ser possível em virtude da limitação do MCSH quanto ao número de tubos (mas que não é o caso do SPERTS) ou quanto ao elevado tempo de processamento. Conseqüentemente, nestes casos, haverá a necessidade de se desenvolver métodos, para seleção dos elementos representativos do SDA armazenados no SIG e que devem ser utilizados, na geração do modelo matemático, sem todavia deformá-los. Uma das técnicas, que merece atenção, para a solução deste problema é a Hierarquização, como a proposta por WHITE.

A abertura de um canal de diálogo, entre a Faculdade de Engenharia Civil - FEC e o público alvo, neste caso os SAA, certamente seria de extremo proveito, para ambas as partes. A infra-estrutura computacional existente na FEC, garante a

manutenção da *Home Page* da escola e o acesso à internet, logo, a disponibilização eletrônica de informações, sobre os projetos de SIG em andamento, material bibliográfico sobre o assunto, bem como, formas que permitam a interação e participação do visitante (questionários, dicas, murais, tira dúvidas, etc), certamente contribuirão para guiar e melhor adequar o desenvolvimento de pesquisas destinadas a solucionar os problemas, atuais e futuros, dos SAA.

ANEXO I - VETORIZAÇÃO

Por definição, a digitalização consiste em converter dados (i. e. vetorial ou matricial [imagem raster]) do formato analógico para o digital, e a vetorização, consiste no processo de geração de arquivos gráficos com dados vetoriais, utilizando softwares (e. g., AutoCad, SPRING) ou softwares de interpretação de imagens digitais em formato *raster* (vetorização automática), logo, a vetorização é uma modalidade de digitalização aplicada exclusivamente à elementos gráficos.

A técnica mais simples de vetorização é através do monitor do computador, onde se pode digitalizar visualmente (sobre uma imagem ou figura de fundo) utilizando o cursor do mouse. É uma técnica pouco precisa e acurada.

A técnica mais tradicional de vetorização, é através de mesa digitalizadora, que é relativamente precisa e acurada (fatores estes, que dependem da experiência do digitalizador e da qualidade do material fonte) e satisfaz as necessidades da grande maioria das aplicações SIG. Apesar de não ser um dispositivo caro, a mesa digitalizadora possui como principais desvantagens a “baixa produtividade” (pois depende exclusivamente da perícia do digitalizador), o elevado tempo para digitalização de um documento (e o custo que esse fator acarreta), etc.

Outras técnicas menos comuns, mas mais rápidas, precisas e acuradas (fatores que dependem tanto da qualidade do material fonte quanto das características de cada equipamento), envolvem a vetorização automática através de scanners (e. g., ópticos). O avanço na eficiência dos equipamentos (scanners), a melhora na qualidade e redução do custo dos equipamentos e dos produtos gerados, tem contribuído para o crescimento da aplicação destas técnicas. Esta técnica de vetorização, merece ser analisada sempre que se possua grande quantidade de documentos a serem digitalizados e/ou quando se dispuser de pouco tempo para sua digitalização.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 ABBOT, M.; HAVNO, K.; LINDEMBERG, S.. The Fourth Generation of Numerical Modeling in Hydraulics. Journal of Hydraulic Research, vol. 29, nº 186 p. 581-600, 1991 apud LUVIZOTTO JUNIOR (1995).
- 2 ASSAD, E. D. e SANO, E. E.. Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura. Brasília, Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, 1993. p.16-32.
- 3 ASSOCIATION FOR GEOGRAPHIC INFORMATION. The Use of DXF for Geographic Data [on line]. AGI Publication: No. 4/93, June 1993. [cited July 2000]. Available from World Wide Web: <<http://www.agi.org.uk/pages/freepubs/dxf.html>>.
- 4 BURROUGH, P. A.. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. New York, Oxford University Press, 1991.
- 5 CABRERA, E. y SERRA, J. G.. Modelizacion de Redes de Distribucion de Água desde el Regimen Permanente hasta el Golpe de Ariete. Valência , España: Short Course on: Improving Efficiency and Reability in Water Distribution Systems, 21-25 novembro de 1994 apud LUVIZOTTO JUNIOR (1995).

- 6 CATTELL, R. G. G.. What are next Generation Database Systems? Communications of the ACM, v.34, n.10, Oct. 1991 apud ASSAD e SANO (1993).
- 7 CHRISMAN, N. R.. Modeling error in overlaid categorical maps, in Goodchild, M. F. and Gopal, S. (eds.) Accuracy of spatial databases. New York, Taylor and Francis, 1989 apud RYBACZUK (1993).
- 8 CURTIS, T. G. Pipes: An Interoperable Hydraulic Pipe Network Model [on line]. In: ESRI INTERNATIONAL USER CONFERENCE, 15th, 1995, Palm Springs, California Proceedings. May 22-26, 1995. [cited July 2000]. Available from World Wide Web: <<http://www.esri.com/library/userconf/proc95/to300/p269.html>>.
- 9 FEINBERG, D.; UHRICK, S. W.. Integrating GIS with Water and Wastewater Hydraulic Models [on line]. In: ESRI INTERNATIONAL USER CONFERENCE, 1997, San Diego, CA. Proceedings. July 08-11, 1997. [cited July 2000]. Available from World Wide Web: <<http://www.esri.com/library/userconf/proc97/proc97/to200/pap199/p199.htm>>.
- 10 FLATIRONS SURVEYING, INC.. Accuracy and Precision. [cited July 2000]. Available from World Wide Web: <<http://www.flatsurv.com/accuprec.htm>>.
- 11 FOOTE, K. E.; HUEBNER, D. J.. Error, Accuracy, and Precision [on line]. The Geographer's Craft Project, Department of Geography, University of Texas at Austin, 1999. [cited July 2000]. Available from World Wide Web: <<http://wwwhost.cc.utexas.edu/ftp/pub/grg/gcraft/notes/error/error.html>>.
- 12 GRAYBILL, G.. Strategies for Interoperation between a Network Modeling System and a GIS. In: AM/FM INTERNATIONAL ANNUAL CONFERENCE, 1997, Nashville, Tennessee. March, 1997 apud FEINBERG and UHRICK (1997).
- 13 GUIDARA, P. J. e QUINTANILHA, J. A.. Padrões de Metadados para Base de Dados Geográficos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, IV, 1997, São Paulo. Anais...(São Paulo), EDUSP, 04-06 de Novembro, 1997. p. 570.

- 14 HARLEY, J. B. et al.. Mapping the American Revolutionary War. Urbana, University of Illinois Press, 1978 apud STAR and ESTES (1990).
- 15 HIRAYAMA, E. et al.. Tools for Water and Wastewater Operations [on line]. In: URBAN AND REGIONAL INFORMATION SYSTEMS ASSOCIATION ANNUAL CONFERENCE, 1994, Milwaukee, Wisconsin. URISA Proceedings. August 07-11, 1994. [cited July 2000]. p. 317-319. Available from World Wide Web: <<http://www.odyssey.maine.edu/gisweb/spatdb/urisa/ur94028.html>>.
- 16 JARRIGE, P. A.. Optimal Control of Water Distributions Networks, Technical Survey and Practical Applications. Noterre Cedex, France: Applied Computer Department, SAFEGE Consulting Engineers, BP 727,92007, 1992 apud LUVIZOTTO JUNIOR (1995).
- 17 JOHNSON, A. I.; PETTERSSON, C. B.; FULTON, J. L., eds. Geographic Information Systems (GIS) and mapping – practices and standards. Philadelphia, ASTM, 1992 (ASTM-STP1126). p. 15-16.
- 18 KOENIG, B. D.; KYLES, J. J.. Developing an AM/FM Application for the Water Utility Industry Using ArcInfo [on line]. In: ESRI INTERNATIONAL USER CONFERENCE, 15th, 1995, Palm Springs, California Proceedings. May 22-26, 1995. [cited July 2000]. Available from World Wide Web: <<http://www.esri.com/library/userconf/proc95/to250/p228.html>>.
- 19 KLIMAS, P. J.. Field-Based GIS/GPS Works for Water and Sewer Conversion and Applications [on line]. In: ESRI INTERNATIONAL USER CONFERENCE, 1997, San Diego, CA. Proceedings. July 08-11, 1997. [cited July 2000]. Available from World Wide Web: <<http://www.esri.com/library/userconf/proc97/proc97/abstract/a633.htm>>.
- 20 KORTH, A.; SILBERSCHATZ, A.. Sistemas de Bancos de Dados. São Paulo, McGraw-Hill, 1989 apud MENEGUETTE (1999).

- 21 LIM, E. L.; PRATTI, R.. Pipe Evaluation System (PIPES) [on line]. In: ESRI INTERNATIONAL USER CONFERENCE, 1997, San Diego, CA. Proceedings. July 08-11, 1997. [cited July 2000]. Available from World Wide Web: <<http://www.esri.com/library/userconf/proc97/proc97/to350/pap346/p346.htm>>.
- 22 LIU, P. S.; CHOU, Y. H.. A Grid Automation of Wildfire Growth Simulation. In: ESRI INTERNATIONAL USER CONFERENCE, 1997, San Diego, CA. Proceedings. July 08-11, 1997 apud WHITE (1999).
- 23 LUVIZOTTO JUNIOR, E.. Controle Operacional de Redes de Abastecimento de Água Auxiliado por Computador. São Paulo, Escola Politécnica da USP, 1995. p. 04-13 (Tese, Doutorado em Engenharia).
- 24 MAGUIRE, D. J.; GOODCHILD, M. F.; RHIND, D. W., eds. Geographic information systems: principles and applications. England, Longman Scientific and Technical / New York, John Wiley, 1991. vol.1, p. 192-193.
- 25 MARK, D. M.; FRANK, A. U.. Concepts of space and spatial language. Proceedings, Auto-Carto 9, 1989. p. 538-556 apud RYBACZUK (1993).
- 26 MARTINEZ, F. ; PEREZ, R.; PLANELLIS, P.. Integrated Computer Applications in Water Supply. Leicester, September 1993 apud LUVIZOTTO JUNIOR (1995).
- 27 McLEROY, R. J.. Linking AM/FM/GIS with Work Order Management and Hydraulic Analysis Models [on line]. In: AM/FM INTERNATIONAL, ANNUAL CONFERENCE, XVII, 1994, Denver, CO. Proceedings. March 14-17, 1994. [cited 20 July, 2000]. p. 374-383. Available from World Wide Web: <<http://www.sgi.ursus.maine.edu/gisweb/spatdb/amfm/am94038.html>>.
- 28 MEIRELLES, F. S.. Informática: novas aplicações com microcomputadores. 2. ed. , São Paulo, Makron Books, 1994. p.29-167.
- 29 MENEGUETTE, A.. Courseware em Ciências Cartográficas [on line]. Presidente Prudente: Campus da Unesp, 1999. [cited July 2000]. Available from World Wide

Web:

<http://www.prudente.unesp.br/dcartog/arlete/hp_arlete/courseware/course.ht>.

- 30 OSTYN, F.. The EDRA—Fueling GIS Applications with Required Geographical Information [on line]. In: ESRI USER CONFERENCE, 15th, 1995, Palm Springs, California. Proceedings. May 22-26, 1995. [cited July 2000]. Available from World Wide Web: <<http://www.esri.com/library/userconf/proc95/to250/p230.html>>.
- 31 PARENT, P.; CHURCH, R.. Evolution of Geographic Information Systems as Decision Making Tools. San Francisco, GIS'87, 1988. p. 63-71 apud STAR and ESTES (1990).
- 32 PEUQUET, D. J.. Raster Data Handling in Geographic Information Systems. Buffalo, New York, Geographic Information Systems Laboratory, State University of New York, 1977 apud STAR and ESTES (1990).
- 33 QUINTANILHA, J. A.. Entrada e Conversão de Dados: Processos de Construção de Bases Digitais de Dados Espaciais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, III, 1995, São Paulo. Anais...(São Paulo), EDUSP, 12-14 Julho, 1995. p. 30-32.
- 34 RIBEIRO, C. R.. Controle de Escoamentos em Instalações de Condutos Forçados. São Paulo, Escola Politécnica da USP, 1985. (Tese, Doutorado em Engenharia) apud LUVIZOTTO JUNIOR (1995).
- 35 RIBEIRO, C. R. ; KOELLE, E.; SZAJNBOK, M.. Operational Control of Flow in Hydraulic Networks. Hannover, F. R. Germany: 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRESSURE SURGES, 22-24 September, 1986. p. 295-300 apud LUVIZOTTO JUNIOR (1995).
- 36 RYBACZUK, K. Y.. Error and Accuracy in Spatial Data Bases [on line]. AGI Publication: No. 3/93, June 1993. [cited July 2000]. Available from World Wide Web: <<http://www.agi.org.uk/pages/freepubs/error.html>>.

- 37 SAFEGE CONSULTING ENGINEERS. Network Modeling with PICCOLO Software. Introductory Training for Manger. Course Material. July, 1994.
- 38 SCHULZ, J. L.; McLAUGHLIN, J. D.. The City of Glendale: Coming of Age in a GIS World - Cooperative Development of an Integrated GIS-Pipe Network Hydraulic Model [on line]. In: ESRI INTERNATIONAL USER CONFERENCE, 15th, 1995, Palm Springs, California Proceedings. May 22-26, 1995. [cited July 2000]. Available from World Wide Web: <<http://pasture.ecn.purdue.edu/~aggrass/esri95/to100/p052.html>>.
- 39 STAR, J.; ESTES, J.. Geographic Information Systems, An Introduction. Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1990.
- 40 STPHENSON, D.. Pipe Flow Analysis. New York: Elsevier Science Publishers Company Inc., 1984 apud LUVIZOTTO JUNIOR (1995).
- 41 TOMLIN, C. D.. Geographic Information Systems and Cartographic Modeling, Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1990. p. 46-52.
- 42 WHITE, C.. Using GIS to Implement Hierarchical Organization in Water Distribution System Simulation Models [on line]. In: ESRI INTERNATIONAL USER CONFERENCE, 1999. Proceedings. July 26-30, 1999. [cited July 2000]. Available from World Wide Web: <<http://www.esri.com/library/userconf/proc99/proceed/papers/pap386/p386.htm>>.

BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

- 1 ANTENUCCI, J. C. et al. Geographic information systems: a guide to the technology. New York, Chapman & Hall, 1991.
- 2 BUZOLIN JUNIOR, O. "Sistematização para a Gestão de Abastecimentos Urbanos de Água com o Auxílio do SIG". Campinas: Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP, 1999. (Exame de Qualificação, Mestrado em Engenharia Civil).
- 3 ELMASRI, R.; NAVATHE, S. B.. Fundamentals of Database Systems. Menlo Park: Addison-Wesley, c1994.
- 4 FERRARI, R. et al. Viagem ao SIG: Planejamento Estratégico, Implantação e Gerenciamento de Sistemas de Informação Geográfica. Curitiba: Sagres, 1997.
- 5 FRANÇA, J. L. et al. Manual para Normalização de Publicações Técnico-Científicas. 4. ed. rev. e aum. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 1998. (Aprender).
- 6 SILBERSCHATZ, A.; KORTH, H.F.; SUDARSHAN, S.. Sistema de banco de dados. Trad. Marília Guimarães Pinheiro, Paulo Cesar Canhette. São Paulo, MAKRON, c1999.

ABSTRACT

The Water Supply Systems (WSS) are being forced to modernize its administrative, operational and management structures due to increase in the water demand and requirement for a better service quality from customers and financial agencies. This research work shows that two computer tools, Geographic Information System (GIS) and Hydraulic Simulation Computational Model (HSCM), are able to help engineers deal with operation, manage and plan of a WSS, offering the advantage of using only one data base. This method allows to share GIS database with HSCM. It has been applied in a small WSS and showed to be possible generalized for a bigger ones. The application was divided in two parts, first planning and GIS implementation and second document selection and digitalization.

Key Words: GIS, Management, Simulator and Water.

GLOSSÁRIO

Algoritmo: Conjunto de regras e operações bem definidas e ordenadas, destinadas à solução de um problema ou de uma classe de problemas, em um número finito de etapas.

Aplicativo: Termo usado para indicar um programa de computador (software), criado para atender as necessidades específicas de um determinado usuário.

ASCII: *American Standart Code for Information Interchange*. Tabela de códigos de oito bits estabelecida pelo *American National Standard Institute (ANSI)*, para todos os caracteres do teclado do computador. Define um padrão para equipamentos de computação.

Atributo: Tipo de dado não gráfico que descreve as entidades representadas por elementos gráficos. Termo usado para referenciar todos os tipos de dados não gráficos e, normalmente alfanuméricos, ligados a um mapa.

Banco de dados ou Base de Dados: É uma coleção lógica de informações relacionadas, gerenciadas e armazenadas como uma unidade, usualmente armazenada em algum tipo de memória tal como uma fita magnética, um disco (e.g., magnético, óptico), etc. Uma base de dados SIG inclui dados sobre a localização espacial e forma

das feições geográficas registradas, como pontos, linhas, áreas, pixels e matrizes, assim como seus atributos.

Banco de dados hierárquico: Um método de estrutura de dados, no qual o dado armazenado é baseado nos relacionamentos pai-filho com ponteiros explícitos, que definem o relacionamento entre segmentos de um registro.

Banco de dados relacional: Um método de estrutura de dados tal como coleções de tabelas, que são logicamente associadas umas as outras através de atributos comuns. Qualquer elemento dado pode ser encontrado na relação sabendo-se o nome da tabela, o nome do atributo (coluna) e o valor da chave primária.

Cobertura (da paisagem): 1- Um SIG descreve uma região da paisagem usando um número de temas ou de camadas de dados, em que cada tema é compreendido um conjunto de características geográficas de um tipo. 2- Um jogo dos dados tematicamente associados considerados como uma unidade. Uma cobertura representa geralmente um único tema tal como solos, córregos, estradas ou uso e ocupação do solo.

Dado: 1 – É qualquer grandeza numérica ou geométrica, ou conjunto de tais quantidades, que pode servir como referência ou base para cálculo de outras grandezas. 2 - Representação de fatos, conceitos e instruções, apropriadas para o processamento por meios humanos ou automáticos.

Dados de camada: São dados com características similares contidos num mesmo plano ou nível (e. g., logradouros, redes de água).

Dados vetoriais: São dados representados por seqüências de coordenadas representando a verdadeira posição das feições representadas por pontos, áreas e, seus limites. Os dados vetoriais definem linhas, polígonos, objetos e outras entidades complexas que podem ser manipuladas ou exibidas nas bases dos atributos.

Digitalização: É a técnica usada para converter informação gráfica do formato analógico para o digital, no qual os mapas são retratados por uma pessoa usando uma mesa digitalizadora e um cursor. O mapa a ser digitalizado é montado na mesa digitalizadora. A escala, ângulo de rotação e a área de cobertura, são registradas por um sistema de computador através de um procedimento padrão; cada feição do mapa é então digitalizada apontando o cursor e pressionando os botões apropriados.

Entidades gráficas ou feições gráficas: São descritas por sete elementos: pontos, linhas, áreas, *grids cells* (matrizes), pixels, símbolos e comentários. O SIG usa dados gráficos gerar um mapa ou “desenho” cartográfico em um dispositivo de visualização (monitor do computador), papel ou, outra mídia qualquer.

Erro: Abrange igualmente a imprecisão do dado e sua falta de acurácia.

Feições : São definidas por dados da posição (onde são), e por dados do atributo (o que são). Cada feição com um tema particular, tem um único número de identidade (chave de acesso) que é vinculado a seus dados da posição e a seus dados de atributo e serve para conectá-los.

Formato de Arquivo: Forma como um arquivo se apresenta, ou seja, modo como as informações gráficas e de textos são organizadas e armazenadas no disco.

Geoprocessamento: Conjunto de tecnologias de coleta, tratamento, desenvolvimento e uso de informações georeferenciadas.

GIS: *Geographic Information System* - Sistema de Informação Geográfica (SIG). Sistema de computador composto de hardware, software, dados e procedimentos, construído para permitir a captura, gerenciamento, análise, manipulação, modelagem e exibição de dados referenciados geograficamente para solucionar, planejar e gerenciar problemas.

GPS: *Global Positioning System* - Sistema de Posicionamento Global. Sistema criado para navegação, utilizando sinais emitidos por satélites artificiais. Suas aplicações incluem navegação e posicionamento no mar, no ar e sobre a superfície terrestre.

Informação georeferenciada: Dados alfanuméricos geograficamente referenciados às informações gráficas de um mapa.

Interface com o usuário: Características de um programa ou computador, que determinam a forma como interage com os usuários.

Mapa base: Mapa que serve de base para o geoprocessamento. Em alguns casos, essa base raramente muda (e. g., região censitária), em outros, a informação requer freqüentemente manutenção (e. g., cadastro de propriedades).

Mapa ou Carta: Representação gráfica analógica ou digital, geralmente em uma superfície plana e em determinada escala, das características naturais e artificiais da superfície ou da sub-superfície terrestre. Os acidentes são representados dentro da mais rigorosa localização possível, relacionados em geral, a um sistema de referência de coordenadas.

Mapa digital: Mapa produzido e armazenado em meio magnético.

Mesa Digitalizadora: 1- Mesa dotada de uma malha eletrônica e um cursor para entrada de informações, que utiliza caracteres numéricos para representar dados contínuos. 2- É um dispositivo periférico usado para converter informação gráfica de forma analógica para digital, para uso em computador. Pontos posicionais são selecionados por um cursor, na cópia rígida (e. g., papel) do mapa montado na superfície da mesa digitalizadora e transmitida por sinais elétricos do cursor para a mesa. Condutores na mesa recebem os sinais e convertem estes para posições relativas da mesa.

Nível de informação ou *Layer*: Termo comumente usado para descrever o componente gráfico de uma base de dados SIG. Cada *layer* (camada) contém um conjunto de feições homogêneas do mapa, registradas posicionalmente em relação a outras camadas da base de dados, através de um sistema de coordenadas comum. O dado é separado dentro das camadas baseado no relacionamento lógico e no retrato dos conjuntos de feições.

Nó: É um objeto de dimensão zero e um tipo especial de ponto, que é uma junção topológica ou ponto final e que pode especificar uma localização geométrica

Ortofoto (digital): Imagem fotográfica obtida através de processos computacionais a partir de uma fotografia em perspectiva, na qual os deslocamentos de imagem devidos à inclinação e ao relevo foram corrigidos matematicamente.

***Peopleware*:** Pessoas especialistas em determinados processos computacionais.

Periférico: É qualquer componente hardware que esteja física e logicamente separado da unidade central de processamento. Dispositivos periféricos comumente usados em SIG incluem estações de digitalização, estações de consulta gráfica, terminais alfanuméricos, plotters e outros dispositivos usados para entrada, análises e, geração de produtos de uma base de dados tabular ou gráfica.

Polilinha: É um conjunto ordenado de vértices x,y representando uma linha ou um limite.

Precisão: É o nível de medição e exatidão da descrição numa base de dados SIG. O dado preciso de localização pode medir uma posição com uma fração de uma unidade qualquer. O preciso atributo da informação pode especificar as características das feições em grandes detalhes.

Qualidade do Dado: É a acurácia e precisão relativa de uma particular base de dados SIG.

Raster, Imagem Raster: É um formato para armazenamento, processamento e exibição de dados gráficos, nos quais imagens gráficas são armazenadas como valores uniformes de matrizes ou pixels.

Rótulo ou Chave de acesso: 1– É um identificador usado para relacionar elementos da base de dados gráfica às informações alfanuméricas contidas num banco de dados. 2- É um código índice espacial único (e.g., endereços, números de lotes), identifica pontos, linhas ou áreas, que é armazenado tanto nos dados gráficos quanto nos não gráficos.

Scanner: É um dispositivo ótico de varredura, utilizado para capturar dados em formato analógico e, convertê-los para um formato digital.

SGBD: É um sistema Gerenciador de Base de Dados, consiste numa coleção de dados inter-relacionados e numa coleção de programas que acessam esses dados.

Software: É um conjunto de componentes lógicos, que possibilitam o funcionamento dos componentes físicos do computador. Pode ser: software básico: composto de programas de controle das funções básicas do computador; software de aplicação: programas de solução dos problemas específicos dos usuários.

Vetor: É um segmento de linha reta, com o tamanho normalmente representado pelos pares de coordenadas dos pontos extremos. Dados vetoriais referem-se a dados em forma tabular com uma dimensão.

Vetorização: É o processo de geração de arquivos gráficos com dados vetoriais, utilizando softwares de CAD ou softwares de interpretação de imagens digitais em formato *raster* (vetorização automática).