



Universidade Federal de Santa Catarina
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

***"Integração do Cadastro Técnico Multifinalitário a
Sistemas de Informações Geográficas Visando
Implantação de um Reservatório para Abastecimento
de Água no Município de Cocal do Sul - SC"***

*Dissertação de mestrado submetida à
Universidade Federal de Santa
Catarina para a obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Civil*

por:

Luiz Ernesto Renuncio

Florianópolis
agosto, 1995

RENUNCIO, Luiz Ernesto. *Integração do Cadastro Técnico Multifinalitário a Sistemas de Informações Geográficas Visando Implantação de um Reservatório para Abastecimento de Água no Município de Cocal do Sul - SC*. Florianópolis, 1995. 203p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

Orientador: Carlos Loch

Defesa: 17/08/95

O estudo trata da avaliação das necessidades de informação para solução de problemas locais envolvendo [recursos hídricos]; caracterização do potencial representado pela aplicação de gerenciadores de [Sistemas de Informações Geográficas], bem como a locação preliminar do corpo da represa destinada a acumular água para a demanda doméstica. Para atingir suas metas, lança mão de ferramentas como o [Cadastro Técnico Multifinalitário] para parametrizar as variáveis de interesse e estruturar o banco de dados, além de Sistemas de Informações Geográficas para a realização de análises e auxílio no processo de tomada de decisão sobre o melhor ponto para a edificação da represa. Com diversas visitas à área de estudos (Cocal do Sul, SC) para caracterização da área de estudos, reambulação e coleta de dados (análises de solo; qualidade física, química e biológica da água para fins de consumo; registros de vazão; focos de poluição, levantamento geodésico e taqueométrico) e utilizando-se dos resultados obtidos através do processamento integrado destes dados, foi possível obter uma conclusão preliminar sobre um local adequado para implantação da represa, avaliar as implicações resultantes do alagamento versus o benefício para a população, bem como as implicações em termos de custo e benefício das ferramentas utilizadas.

**"Integração do Cadastro Técnico Multifinalitário a
Sistemas de Informação Geográfica Visando
Implantação de um Reservatório para Abastecimento
de Água no Município de Cocal do Sul - SC"**

Luiz Ernesto Renuncio

*Esta dissertação foi julgada para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia*

*Especialidade Engenharia Civil e aprovada em sua forma final pelo Programa de
Pós-Graduação em Engenharia Civil.*

Carlos Loch

Prof. Dr. Carlos Loch (Orientador)

[Handwritten signature]

Prof. Dr. Carlos Alberto Szücs (Coordenador do Curso)

Banca Examinadora:

Carlos Loch

Prof. Dr. Carlos Loch (UFSC) - Presidente

[Handwritten signature]

Prof. Dr. Norberto Hochbeim (UFSC)

Flávio F. Kirchner

Prof. Dr. Flávio Felipe Kirchner (UFPR)

Dr. Hugo José Braga (EPAGRB)

*"... Se um dia, já homem feito e respeitado,
sentires que a terra cede a teus pés, que tuas obras se desmoronam,
que não há ninguém à tua volta para te estender a mão,
esquece a tua maturidade, passa pela tua mocidade,
volta à tua infância e balbucia, entre lágrimas e esperanças,
as últimas palavras que sempre te restarão na alma:
Meu pai, minha mãe ..."*

Rui Barbosa

*Dedico esta obra aos meus pais,
Luiz e Ruth,
com muito carinho.*

Agradecimentos

A realização deste estudo não seria possível sem a generosa e cordial colaboração de um grande número de pessoas, com as quais gostaria de dividir os méritos dos resultados apresentados neste trabalho. As necessidades de informação para a consecução de nossos objetivos fez com que conquistássemos novos amigos ao longo dos quase dois anos de duração da pesquisa. Em especial a:

- Dr. Carlos Loch, cuja orientação, incentivo e amizade confundem-se com os resultados positivos que temos obtido nos últimos anos;
- Francisco Henrique de Oliveira que, quer atuando como profissional responsável e capaz, quer como amigo, não mediu esforços para que este estudo se concretizasse;
- Dr. Flávio F. Kirchner, Dr. Norberto Hochheim e Dr. Hugo J. Braga, por terem cordialmente aceito participar da banca que avalia este estudo;
- Diretoria e funcionários da AERODATA S/A, que, sem restrições ou custos, permitiram o uso dos laboratórios da empresa. Põe-se assim, em prática, a integração empresa-universidade, sendo os resultados gratificantes para ambas as partes;
- Universidade Federal de Santa Catarina e Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, em especial aos coordenadores, Drs. Roberto Lamberts e Carlos A. Szücs. Também à secretária do curso, Irizete Menezes, pelo apoio e amizade;
- CNPq, pelo financiamento da bolsa de estudos;
- Sr. José Aldo Furlan, que a golpes de foice permitiu que este trabalho tivesse início, sempre apostando nos resultados para o bem da população de sua cidade;
- Prefeitura Municipal de Cocal do Sul, em especial ao Exmo. Sr. Secretário de Obras, Sr. Lédio Scarpato, por ter fornecido os meios necessários para realização desta pesquisa, sem medir esforços para atender a quaisquer solicitações;
- Zênio Galli, Feltrim, Bortolin e Carlos agradeço pela amizade e apoio, tornando a estada em Cocal do Sul bastante agradável;
- MSc Nelson Seiffert, pela confiança depositada e cessão de todo o banco de dados gráfico na forma digital, imprescindível à aplicação dos SIGs;
- Prof^ª. Glaci T. Santos, Prof^ª Ruth Loch e Prof^ª Regina Davison Dias, cuja paciência e disposição em contribuir para este estudo foram

indispensáveis;

- FATMA (Fundação de Amparo e Tecnologia do Meio Ambiente), pelo empréstimo do aparelho GPS;
- EPAGRI, em especial à Suely, cuja colaboração prestada na forma de esclarecimentos, orientação e cessão de bibliografia à situam dentro dos mais nobres procedimentos de ética profissional;
- CIDASC, nas pessoas do Engº Cantum e Dr. Adelino Renuncio;
- Leônidas, Stellamaris, Dinho, Meli, Vanda e Mário cuja amizade e carinho tornou os dias de trabalho passados em Curitiba mais agradáveis
- Jefferson e Luiz Fernando pelo apoio e amizade durante todo o trabalho;
- Amigos do Grupo de Trabalho em Cadastro Técnico Multifinalitário, Daniela, Danielle, Alessandra, Alysson, Alexandre, Silvana, Luciane, Luciane A., Jani, Alessandro, Francisco, Marcelo, Gilmar, Aníbal, Maurício e Rodrigo.
- Srs. João Destro e Roberto Preosck, que apoiaram este projeto em suas fases iniciais, contribuindo para que a idéia tomasse forma.

Enfim, a todos aqueles que acreditaram neste trabalho e, de uma forma ou de outra, investiram em sua realização,

MUITO OBRIGADO.

Luiz Ernesto Renuncio
Florianópolis, agosto/95

Prefácio

"O bom senso é a cousa do mundo mais bem distribuída, porque cada qual pensa ser tão bem provido dele que mesmo os que são mais difíceis de contentar noutras cousas não costumam desejar mais do que o que têm. E não é verosímil que todos se enganem a tal respeito; antes isso mostra que o poder de bem julgar e distinguir o verdadeiro do falso, que é propriamente o que se chama o bom senso ou razão, é naturalmente igual em todos os homens; e que assim a diversidade das opiniões não resulta de serem uns mais racionais do que outros, mas somente de que conduzimos os nossos pensamentos por caminhos diversos, e não consideramos as mesmas cousas. Porque não basta ter o espírito bom, o principal é aplicá-lo ao bem. As grandes almas são tão capazes dos maiores vícios como das maiores virtudes; e os que não andam senão muito lentamente podem avançar muito mais, se seguem sempre o caminho direito, que os que correm e dele se afastam"

Descartes
"O Discurso do Método"

Biografia do Autor

Filho do casal Luiz Gonzaga Renuncio e Ruth Bezner Renuncio, o autor nasceu na cidade de Porto União, SC, em 18/09/1969.

Iniciou seus estudos de primeiro grau ainda em sua cidade de origem, tendo cursado a 1ª e 2ª séries na Escola Básica Prof. Germano Wagenfür e Colégio Estadual Cid Gonzaga, respectivamente, vindo a concluir o primeiro grau na cidade de Guarapuava, PR, pelo Colégio Nossa Senhora de Belém. Os estudos de segundo grau foram realizados no Colégio Bom Jesus, na cidade de Curitiba, PR, onde cursou da 1ª a 3ª séries.

Formou-se nos cursos de Engenharia Civil (1993) e Administração de Empresas (1994), pela Universidade Federal de Santa Catarina e Universidade Estadual de Santa Catarina, respectivamente, tendo obtido o melhor índice de turma no primeiro deles. Durante este período participou de seminários e congressos de ambas as áreas, tendo inclusive apresentado trabalhos em diversos deles.

Participou do *Programa de Transferência Tecnológica entre Brasil e Canadá*, projeto que objetivou o desenvolvimento do mercado de aplicações das tecnologias de Sistema de Informações Geográficas e Sensoriamento Remoto no Brasil, nos anos de 1992 e 1993, desenvolvendo desde então pesquisas nas áreas afins ao Cadastro Técnico Multifinalitário, como membro participante do Grupo de Trabalho em Cadastro Técnico Multifinalitário - GTCADASTRO/UFSC. Foi Líder de Programa e Instrutor Assistente para o "*Cooperative Course on Imaging Spectroscopy Using the Compact Airborne Spectrographic Imager - casi*", de janeiro/95 a agosto/95, resultante do convênio entre Itres Research (Canadá) e UFSC, participando organismos como UFSC, EMBRAPA, EPAGRI, CASAN, SEPLAN e FATMA.

Iniciou seus estudos de mestrado ainda em 1993, no curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, concluindo um total de 35 créditos, nos quais obteve conceito médio A.

Sumário

<i>AGRADECIMENTOS</i>	iv
<i>PREFÁCIO</i>	vi
<i>BIOGRAFIA DO AUTOR</i>	vii
<i>LISTA DE FIGURAS</i>	xiv
<i>LISTA DE QUADROS</i>	xvii
<i>LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS</i>	xviii
<i>RESUMO</i>	xix
<i>ABSTRACT</i>	xx
<i>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO</i>	1
1.1. Razões para a Escolha da Área de Estudos	3
1.2. Objetivos	5
1.2.1. Objetivo Geral	5
1.2.2. Objetivos Específicos	5
<i>CAPÍTULO 2 - INFORMAÇÕES E PLANEJAMENTO EM MICROBACIAS</i>	6
2.1. Sistema de Informações	6
2.1.1. Sistema	6
2.1.2. Informação	7
2.2. A Informação e a Problemática Ambiental	8
2.2.1. Componentes e Características de um Sistema de Informação do Meio Ambiente	10
2.3. Planejamento em Microbacias Hidrográficas	13
2.3.1. Conceituação e Relevância	13
2.3.2. Objetivos de um Programa de Manejo de BHs	15
2.3.3. Sistema Básico de Informações para o Manejo de BHs	16
<i>CAPÍTULO 3 - CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO</i>	19
3.1. Avaliação das Características Físicas Locais e Regionais a Partir dos Mapas	19
3.1.1. Estudos da Paisagem	19

3.1.2. A Importância da Produção de Mapas	20
3.1.2.1. DEM/DTM, Visão 3D e o Planejamento	22
3.2. Cadastro Técnico Multifinalitário Rural - CTMR	23
3.2.1. Técnicas para a Atualização dos Mapas Cadastrais Através do Monitoramento da Área.	25
3.2.1.1. Importância do Sensoriamento Remoto para a Manutenção do Cadastro Técnico	26
3.2.2. Necessidade de Correlacionamento da Legislação com Medição	28
3.3. Diretrizes à Elaboração e Implementação de um Banco de Dados Cadastral Multifinalitário	29
3.3.1. A Questão da Escala na Elaboração do Cadastro Técnico Multifinalitário	32
 <i>CAPÍTULO 4 - SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS</i>	 35
4.1. Sistemas Automatizados Aplicados ao Mapeamento	36
4.1.1. CAM/CAD - Mapeamento Assistido por Computador	37
4.1.2. Sistemas AM/FM: Gerenciamento Gráfico de Sistemas Representados por Rede de Vetores	39
4.2. Sistemas de Informações Geográficas - SIG	40
4.2.1. Conceituação	41
4.2.2. Sistema de Informação da Terra - LIS	44
4.2.3. Benefícios Potenciais ao de Uso de SIG	45
4.2.4. Diferenças entre CAD, AM/FM e SIG	46
4.2.5. Os Componentes Fundamentais de um SIG	47
4.2.6. Estrutura de um SIG	53
4.3. Representação Gráfica em SIG	57
4.3.1. A Estrutura da Representação de Dados Geográficos em SIG	57
4.3.1.1. Topologia: Pontos, Linhas e Polígonos	58
4.3.1.2. Modelo de Dados VECTOR	60
4.3.1.3. Representação RASTER	62
4.3.1.4. Vantagens e Desvantagens RASTER e VECTOR	64
4.4. Estruturas de Bancos de Dados: Organização dos dados no computador	65
4.4.1. Arquivo e Acesso aos Dados	66
4.4.2. Modelos Clássicos de Dados	67
4.4.3. Qualidade dos Dados	68
4.5. Meta Banco de Dados: Linhagem em SIG	70
4.5.1. Proposta de um Meta Banco de Dados Baseado em Linhagem	71

4.5.1.1. Modelo Conceitual	71
4.5.1.2. Projeto Funcional	74
4.6. Importância dos SIGs para o Cadastro Técnico	75
4.6.1. Integração CTM e SIG	75
<i>CAPÍTULO 5 - RECURSOS HÍDRICOS</i>	77
5.1. Importância do Recurso Hídrico em Nossos Dias	77
5.2. Caracterização Física de Recursos Hídricos	77
5.3. Hidrologia dos Mananciais	78
5.4. Banco de Dados Hidrológico para Projetos Envolvendo Abastecimento de Água	80
5.4.1. Demanda	81
5.4.2. Disponibilidade Média de Água	84
5.4.3. Disponibilidade Mínima de Água	86
5.4.4. Enchentes -Vazão Máxima	87
5.4.5. Disponibilidade de Mananciais Subsuperficiais	89
5.4.6. Direito à Água	89
5.4.7. Condições Bacteriológicas e Químicas	90
5.4.8. Análise de Sedimentos em Suspensão	90
5.5. Qualidade dos Mananciais	91
5.5.1. Legislação e Qualidade da Água	91
5.5.2. Poluição e Proteção dos Mananciais	92
5.6. Planejamento de Recursos Hídricos e SIG	93
<i>CAPÍTULO 6 - BARRAGENS</i>	97
6.1. Generalidades	97
6.1.1. Conceituação e Tipos de Barragens	97
6.1.2. Localização e Levantamentos Preliminares	98
6.2. Barragem de Terra	100
6.2.1. Percolação de Água no Solo	100
6.2.2. Zoneamento do Maciço	103
6.3. Metodologia Construtiva	105
6.3.1. Etapas na Construção de uma Barragem de Terra	105
6.3.2. Detalhes da Edificação de uma Barragem de Terra	107
6.3.3. Segurança	111

<i>CAPÍTULO 7 - DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDOS E MATERIAL DISPONÍVEL PARA PESQUISA</i>	113
7.1. Histórico	113
7.2. Localização Geográfica e Área	114
7.3. Aspectos Sócio-Econômicos	115
7.4. Aspectos Fisiográficos e Climatológicos	115
7.4.1. Formação Geológica e Hidrogeologia	115
7.4.2. Geomorfologia	118
7.4.3. Características Climatológicas	118
7.4.4. Declividade	120
7.4.5. Composição dos Solos	120
7.4.6. Recursos Hídricos	121
7.5. A Problemática Ambiental Catarinense	122
7.5.1. A Questão da Água em Cocal do Sul	124
7.6. Material Disponível para a Pesquisa	125
7.7. Descrição dos Softwares SIG Utilizados	126
7.7.1. Spatial Analysis System - SPANS	126
7.7.2. Idrisi	130
 <i>CAPÍTULO 8 - METODOLOGIA</i>	 132
8.1. Locação de Reservatório para Acumulação de Água	132
8.2. Trabalhos Realizados no SPANS	134
8.2.1. Entrada de Dados	134
8.2.2. Escolha do Melhor Local para Implantação da Represa	136
8.2.3. Cálculo do Volume de Água Acumulado pela Represa após Levantamento Taqueométrico	148
8.2.4. Estimativa Preliminar do Volume de Demanda e do Reservatório para o Projeto	149
8.2.5. Cálculo do Tempo Necessário para que a Vazão Encha o Reservatório	150
8.2.6. Tempo de Concentração e Vazão Máxima	151
8.2.7. Cálculo da Área de Uso Atual do Solo Alagada e Caracterização do Relevo	153
8.3. Trabalhos Realizados no IDRISI	153
8.3.1. Entrada de Dados	153
8.3.2. Escolha do Melhor Local para Implantação da Represa	154
8.3.3. Cálculo do Tempo Necessário para que a Vazão Encha o Reservatório	156

8.4. Trabalhos de Campo	156
8.4.1. Reconhecimento	156
8.4.2. Levantamento de Pontos com GPS e Topografia	157
8.4.3. Identificação de Nova Fonte Poluidora	160
8.4.4. Coleta de Informações sobre as Vazões nos Córregos	161
8.4.5. Análise do Solo, com Vistas ao seu uso no Corpo da Represa	164
8.5. Programação e Uso de Outros Softwares	164
<i>CAPÍTULO 9 - ANÁLISE DOS RESULTADOS</i>	169
9.1. Da Edificação da Barragem	169
9.1.1. Análise das Amostras de Água	169
9.1.2. Análise das Amostras de Solo	171
9.1.3. An. da Área Alagada e do Uso do Solo na Área a Montante da Barragem I	171
9.1.4. Volume de Água e Tempo para Encher o Reservatório	172
9.1.5. Local para Implantação do Aterro	173
9.1.6. Tempo de Concentração	174
9.1.7. Análise da Demanda	175
9.2. Análise quanto à Tecnologia Empregada e Softwares	175
9.2.1. Sistemas de Informações Geográficas	175
9.2.2. Cadastro Técnico Multifinalitário em Municípios de Pequeno Porte	176
9.2.3. Softwares Utilizados	177
9.3. Principais Dificuldades Encontradas	183
<i>CAPÍTULO 10 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</i>	185
10.1. Conclusões	185
10.1.1. Quanto ao Uso de Tecnologia SIG e o CTM	185
10.1.2. Quanto à Implantação da Barragem e aos Recursos Hídricos	188
10.1.3. Conclusões Gerais	190
10.2. Recomendações	190
<i>CAPÍTULO 11 - BIBLIOGRAFIA</i>	195
<i>ANEXOS</i>	
A: Tabelas utilizadas para o cálculo do volume de água na represa	
B: Principais rotinas programadas em QuickBasic	

- C: Análises laboratoriais de solos e água**
- D: Planilha com os dados de precipitação mensal**
- E: Portaria nº 36 de 19/01/90, do Ministério da Saúde**
- F: Levantamento Topográfico e com GPS**

Lista de Figuras

	pág.
Figura 2.1 - Fluxograma de avaliação dos problemas ambientais.	10
Figura 2.2 - Projeto do Banco de Dados.	11
Figura 2.3 - Técnicas e Preparação de um Inventário.	12
Figura 2.4 - Técnicas de Mapeamento Temático.	12
Figura 3.1 - Etapas no desenvolvimento de um banco de dados multi-usuário.	31
Figura 4.1 - CAM/CADD.	38
Figura 4.2 - AM/FM.	39
Figura 4.3 - Sistemas Ambiental e Institucional.	44
Figura 4.4 - Divisão dos sistemas de informação.	45
Figura 4.5 - Esquema básico de funcionamento de um SIG.	53
Figura 4.6 - Estrutura de um SIG.	56
Figura 4.7 - Esquema do Programa de Transferência Tecnológica entre Brasil e Canadá.	57
Figura 4.8 - Representação de pontos pela estrutura vetorial.	59
Figura 4.9 - Representação de pontos, nós, linhas, redes e polígonos segundo a filosofia VECTOR.	61
Figura 4.10 - Estrutura de representação RASTER.	62
Figura 4.11 - Estrutura Overlay.	63
Figura 4.12 - Estrutura Quadtree.	64
Figura 4.13 - Relação entre os níveis geográfico e meta-dados	71
Figura 4.14 - Modelo conceitual de banco de dados SIG como um conjunto de camadas referenciando diferentes temas.	72
Figura 4.15 - Representação semântica pai/filho.	73
Figura 4.16 - Moldura para descrever um mapa original no SIG.	74
Figura 4.17 - Esquema representativo do relacionamento entre LIP e SIG	74
Figura 5.1 - Gráficos para avaliação da demanda.	83
Figura 5.2 - Correlação Precipitação-Vazão.	85
Figura 5.3 - Hidrógrafo.	85

Figura 5.4 - Gráfico log-log para cálculo do período de retorno.	86
Figura 5.5 - Estimativa da capacidade do reservatório.	87
Figura 5.6 - Elementos e construção de um hidrógrafo unitário.	88
Figura 6.1 - Formas de remediar a infiltração.	101
Figura 6.2 - Linha de saturação.	102
Figura 6.3 - Diferentes constituições das barragens de terra e comportamento da linha de saturação.	103
Figura 6.4 - Zoneamento do maciço.	104
Figura 6.5 - Esquema de execução de uma barragem de terra.	105
Figura 7.1 - Localização Geográfica da Microbacia a nível Municipal e Estadual.	114
Figura 7.2 - Pluviometria média da microbacia.	119
Figura 8.1 - Seqüência dos trabalhos.	135
Figura 8.2 - Mapa dos focos de poluição e rede hidrográfica.	137
Figura 8.3 - Mapa Hipsométrico.	137
Figura 8.4 - Overlay dos níveis de informação (solos, hidrografia, focos de poluição).	139
Figura 8.5 - Modelo Digital de Elevação (DEM) para toda microbacia.	139
Figura 8.6 - Imagem dos pontos I e III, sendo o primeiro situado em meio a mata, e o segundo posicionado ao final da área de pastagem.	141
Figura 8.7 - Imagem do córrego principal, em época de estiagem. Medidas preliminares indicam para este momento uma vazão de aproximadamente 15 l/s.	141
Figura 8.8 - Mapa de Declividade da Barragem no PP I.	144
Figura 8.9 - Áreas de contribuição de cada represa e respectivos divisores de água (em vermelho).	144
Figura 8.10 - DEM da barragem no ponto I, com sobreposição do uso do solo.	145
Figura 8.11 - DEM da barragem no ponto III, com sobreposição do uso do solo.	145
Figura 8.12 - Cálculo da área no SPANS.	146
Figura 8.13 - Representação da área média.	146
Figura 8.14 - Representação do cálculo do volume armazenado em função do altura da barragem.	146
Figura 8.15 - Esquema do levantamento topográfico.	159
Figura 8.16 - Curvas de nível resultantes do levantamento taqueométrico - vetorial (CAD).	159
Figura 8.17 - Mapa hipsométrico gerado pelo levantamento taqueométrico - raster (SPANS).	162
Figura 8.18 - Posição dos cortes para avaliação do modelo de cálculo de volume.	162
Figura 8.19 - Novos focos de poluição: água do córrego a jusante da mina abandonada, antes do açude.	163
Figura 8.20 - Novos focos de poluição: Suinocultura a montante do açude.	163

Figura 8.21 - Vertedores instalados nos pontos A e B.	164
Figura 8.22 - Mapa gerado pelo Idrisi, representando as Séries de Solos existentes na Microbacia do Rio Cocal, com sobreposição dos temas Focos de Poluição e Rede Viária.	165
Figura 8.23 - Localização dos pontos de amostragem.	165
Figura 8.24 - Amostra de solo retirado do pasto, junto ao vertedor maior.	166
Figura 8.25 - Amostra de solo recolhida em meio a mata, na cota 88 m.	166
Figura 8.26 - Superfície tridimensional gerada a partir do levto. taqueométrico.	168
Figura 8.27 - Iso-curvas geradas a partir do levto. taqueométrico.	168
Figura 9.1 - Gráfico da distribuição diária das chuvas durante o mês.	174
Figura 9.2 - Demanda de água para consumo doméstico em Cocal do Sul, SC.	175
Figura 10.1 - Disposição das novas seções de levantamento topográfico recomendadas.	194

Lista de Quadros

	pág.
Quadro 3.1 - Fatores a considerar na implantação de um LIS.	32
Quadro 3.2 - Tipos de dados e seus usuários.	33
Quadro 3.3 - Tipos de dados e produtos que geram.	33
Quadro 4.1 - Diferenças e aplicações de sistemas computacionais ao mapeamento	47
Quadro 4.2 - Vantagens e desvantagens das estruturas vector e raster/quadtrees	65
Quadro 6.1 - Tipos de barragens e suas características	98
Quadro 7.1 - Frequência de estiagens e secas	119
Quadro 7.2 - Relatório de declividade emitido pelo SPANS	120
Quadro 7.3 - Principais aspectos relacionados aos solos presentes na microbacia.	121
Quadro 7.4 - Dados de vazão para a foz da microbacia	122
Quadro 8.1 - Resumo das áreas das regiões em estudo	142
Quadro 8.2 - Síntese das áreas obtidas para os pontos I e III	143
Quadro 8.3 - Equações para o cálculo do volume armazenado	147
Quadro 8.4 - Dados para cálculo do tempo para encher o reservatório	151
Quadro 8.5 - Equações utilizadas para cálculo do tempo para encher o reservatório	151
Quadro 8.6 - Cálculo da precipitação mínima para atender à demanda	152
Quadro 8.7 - Resultado do comando AREA sobre o mapa de altimetria nos pontos I e III	156
Quadro 9.1 - Síntese dos resultados das análises da água nos pontos A, B e C (figura 8.18)	170
Quadro 9.2 - Problemas constatados em amostras que comprometem a potabilidade.	171
Quadro 9.3 - Tabela resumo dos ensaios de caracterização e compactação dos solos	171

Lista de Siglas e Abreviaturas

AM/FM	- <i>Automated Mapping / Facilities Management</i> (Mapeamento Automatizado/Gerenciamento)
CAD(D)	- <i>Computer Aided Design (and Drafting)</i> (Desenho Auxiliado por Computador)
CAM	- <i>Computer Aided Mapping</i> (Mapeamento Auxiliado por Computador)
CCU	- Companhia Carbonífera Urussanga
CIDASC	- Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina
CTM	- Cadastro Técnico Multifinalitário
CTMR	- Cadastro Técnico Multifinalitário Rural
DEM	- <i>Digital Elevation Model</i> (Modelo Digital de Elevação)
DTM	- <i>Digital Terrain Model</i> (Modelo Digital do Terreno)
EPAGRI	- Empresa de Pesquisa Agrícola e Difusão de Tecnologia de SC
GPS	- <i>Global Positioning System</i> (Sistema de Posicionamento Global)
SAMAE	- Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgotos
SIG	- Sistema de Informações Geográficas
SPANS	- <i>Spatial Analysis System</i> (Sistema de Análise Espacial)

Observações:

AUTOCAD™ é marca registrada da Autodesk Inc.
 Idrisi™ e TOSCA™ são marcas registradas da Clark University, USA
 MICROSTATION™ é marca registrada da Intergraph Corp.
 OS/2™ é marca registrada da IBM
 SPANS™, TYDIG™ e SPANSMAP™ são marcas registradas da Intergraph Corp.
 Tydac Tech. Inc.
 Windows™ é marca registrada da Microsoft Corp.

Resumo

Face o aumento da demanda de recursos hídricos, motivada pelo aumento da população e modernização das cidades e, considerando técnicas emergentes de gerenciamento de recursos naturais, este trabalho descreve a metodologia empregada na resolução de um problema envolvendo a locação e determinação de viabilização técnica preliminar de um reservatório para atender ao consumo doméstico da área urbana do Município de Cocal do Sul, situado na Região Sul do Estado de Santa Catarina. Os principais objetivos compreendem a avaliação das necessidades de informação para solução de problemas locais envolvendo recursos hídricos; caracterização do potencial representado pela aplicação de gerenciadores de Sistemas de Informação Geográfica, bem como a locação preliminar do corpo da represa destinada a acumular água para a demanda doméstica. Para atingir suas metas, o estudo lança mão de ferramentas como o Cadastro Técnico Multifinalitário para parametrizar as variáveis de interesse e estruturar o banco de dados, além de Sistemas de Informações Geográficas (SPANS e Idrisi) para a realização de análises e auxílio no processo de tomada de decisão sobre o melhor ponto para a edificação da obra. Também foram incluídas revisões de literatura contemplando temas como elaboração de um banco de dados que atenda às necessidades de projetos envolvendo recursos hídricos; tipos, dimensionamento e execução de barragens e; planejamento em microbacias hidrográficas. Com diversas visitas a campo para caracterização da área de estudos, reambulação e coleta de dados (análises de solo; qualidade física, química e biológica da água para fins de consumo; registros de vazão; focos de poluição, levantamento geodésico e taqueométrico) e utilizando-se dos resultados obtidos através do processamento integrado destes dados, foi possível obter uma conclusão preliminar sobre um local adequado para implantação da represa, avaliar as implicações resultantes do alagamento versus o benefício para a população, bem como as implicações em termos de custo e benefício das ferramentas utilizadas.

Abstract

Due to the ongoing increase of demand for water resources, carried by an increase of population and modernization of cities and, considering emerging techniques directed to the management of natural resources, this work describes the methodology that was used to solve the problem of water supply for domestic uses in the urban area of the County of Cocal do Sul, Santa Catarina State, Brazil. The main goals comprehend the evaluation of the necessities of information to solve local problems concerning water resources; characterization of the potential uses of Geographic Information Systems to these situations, as well as pre-feasibility studies to locate the axis of the dam that will accumulate the resource. To execute the objectives, this study hands on tools of Multipurpose Technical Cadastre to develop the database, and also GIS (SPANS and Idrisi) to generate spatial analysis and to help in the decision making process about the best point to built the dam. Literature reviews regarding themes as database structures for water-resources management; different kinds, development and execution of dam projects and; environmental planning over microbasins were also included. With many field visits and work to recognize the study area and to collect data (soil analysis; physical, chemical and biological evaluation of water quality; flow registers; pollution points; geodetical and topographical survey) and also using the results that were obtained through the integrated processing of all these data, it was possible to determine a preliminar location to the dam and evaluate the implications of the flooding against the good results to the population.

Capítulo 1

Introdução

O progresso social e econômico dos países desenvolvidos e em desenvolvimento fundamenta-se na exploração racional de seus recursos naturais e no entendimento do processo de interação do homem com o ambiente de onde retira seus recursos. A manutenção do balanço entre preservação e exploração de recursos finitos e renováveis para uso pelas próximas gerações depende de um cuidadoso gerenciamento destes recursos, aliado ao entendimento das conseqüências desastrosas de uma exploração desmedida. Este gerenciamento requer uma combinação de conhecimento técnico, dados e experiência, todos direcionados ao processo de tomada de decisão.

A informação é o recurso básico a todo o processo de tomada de decisão. A decisão em se conduzir um levantamento de recursos naturais deve vir em resposta à demanda por informações, cuja utilização está calcada em fins claros e definidos, sempre voltados à resolução de problemas já existentes ou para evitar que venham a acontecer. Cabe ao técnico a responsabilidade pelo planejamento e implementação deste levantamento de dados, que deve ter como indicativo os objetivos dos usuários e o processo de tomada de decisão a que se destinam. A informação não representa um fim em si mesma, mas consiste de um meio eficaz de se chegar a resultados positivos.

O planejamento e implementação de bancos de dados destinados à utilização e gerenciamento de recursos naturais, envolvem conjuntos complexos de variáveis e dados. O tratamento destes dados implica, em um primeiro plano, na definição de parâmetros para o banco de dados (estrutura, armazenamento, ...), bem como de ferramentas adequadas para que possam ser organizados, processados e analisados, permitindo um entendimento da realidade e a realização de simulações sobre esta realidade.

O Cadastro Técnico Multifinalitário representa a ferramenta capaz de parametrizar este banco de dados, dando-lhe estrutura para atender aos objetivos para os quais foi proposto. É o CTM, em conjunto com os conhecimentos técnicos inerentes a cada projeto específico (irrigação, barragens, ...), que conduz à especificação do conteúdo do banco de dados, em termos de níveis de informação.

Paralelamente à necessidade de uso racional de recursos naturais para subsistência, não apenas do homem, mas de todo o planeta, a sociedade avança no sentido de desenvolver novas técnicas capazes de agilizar e otimizar processos que fazem uso dispendioso de recursos naturais. Este progresso científico reverte na perpetuação de uso de um recurso natural, fruto da racionalização de seu consumo. Acontece assim, por exemplo, na substituição dos fios de cobre pela fibra óptica nas telecomunicações: esta última utiliza apenas 5% dos recursos de matéria-prima e energia elétrica anteriormente dispendidos para produzir o mesmo metro de fio em cabos convencionais, sendo a fibra capaz de transmitir um volume de informações muitas vezes superior ao que era anteriormente transmitido.

Na medida em que avanços tecnológicos permitem um maior entrosamento entre diferentes planos de informação, sobretudo de informações alfanuméricas e gráficas coletadas das mais diversas formas e armazenadas em diferentes meios digitais, passa-se a dar mais relevância a aspectos ligados ao Planejamento da área, em detrimento da aquisição e viabilidade dos dados propriamente ditos, ou seja, o avanço tecnológico permite que sobre mais tempo para as atividades fins, uma vez que as atividades meio são processadas mais rapidamente.

Tanto na fase de revisão de literatura, quanto nas etapas de planejamento e execução da metodologia proposta, procurou-se prover este trabalho não apenas com o conteúdo cabível ao caráter científico de uma dissertação, mas também buscou-se incorporar ao estudo um conhecimento técnico que, segundo crê o autor, venha ao encontro do usuário deste trabalho, prefeituras de municípios de pequeno porte. Por força do contexto a que se adapta o Cadastro Técnico Multifinalitário, procurou-se responder também a um problema de cunho prático, envolvendo questões como planejamento local, bases de informação e ferramentas tecnológicas disponíveis.

Neste trabalho foram abordadas as diretrizes do Cadastro Técnico Multifinalitário Rural (CTMR) e o desenvolvimento e aplicação de um Sistema de Informações Geográficas (SIG) em municípios de pequeno porte, onde o planejamento do

uso dos recursos naturais (solo, água, florestas, bens minerais, ...) é fator decisivo para o desenvolvimento econômico. A aplicação apresentada ilustrou o estudo de implantação de uma represa para acumulação de água, pois o abastecimento doméstico é um problema relevante não apenas em Cocal do Sul (SC), onde realizaram-se os estudos, mas também é realidade em muitos municípios do Estado. Para este fim, é na microbacia hidrográfica que esteve calcada a base física do processo de coleta de dados. As características de homogeneidade e interação entre os diversos elementos que a compõe, indicam-na como base adequada para qualquer processo que vise, em grande escala, o planejamento e implantação de projetos associados à base municipal.

A tecnologia representada pelo Sistema de Informações Geográficas vem se destacando como a ferramenta capaz de preencher a lacuna existente entre a informação espacial e o processo de tomada de decisão, na medida em que fornece funções adequadas ao melhor entendimento da interrelação entre as variáveis que interagem em um problema complexo envolvendo meio ambiente. Este trabalho posicionou Sistema de Informações Geográficas dentro de uma prefeitura de pequeno porte, procurando avaliar o desempenho de tal tecnologia, suas vantagens e barreiras à implantação.

Na aplicação prática procurou-se desmistificar o fato de que a informática e a utilização de software como o Sistema de Informação Geográfica são elementos distantes do alcance do usuário, quer em termos financeiros, quer em função do treinamento necessário aos recursos humanos para operá-los, quer em função dos dados necessários para executar projetos ligados ao meio ambiente. Provou-se que todos estes recursos geram resultados úteis a uma prefeitura de pequeno porte, a um baixo custo, bastando para isto conhecimento técnico das ferramentas adequadas e disposição para aplicá-las.

1.1. Razões para a Escolha da Área de Estudos

Em virtude da amplitude e complexidade dos problemas apresentados pela Região Sul catarinense, julgou-se indispensável a presença da Universidade através de pesquisas a nível de Pós-Graduação.. Isto lhe confere oportunidade de reciclar e aprimorar sua mão-de-obra, formando mestres e doutores, em contrapartida contribuindo efetiva e eficientemente para a solução da problemática ambiental na área.

Para o início dos trabalhos foi fundamental a já existência de uma base de

dados capaz de fornecer subsídios básicos à inicialização do método. A base documental de dados, fotos aéreas recentes, imagens do sensor aerotransportável *casi* e os mapas em pequena escala já executados por estudantes da própria UFSC, formam o ponto de partida para se delimitar áreas mais específicas de estudos, limitando o universo de análise. Esta dissertação também faz parte de um amplo estudo realizado pelo Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFSC, estando em desenvolvimento pesquisas a nível de mestrado e doutorado envolvendo elaboração de uma base cartográfica, plano diretor, cadastro fundiário e otimização das atividades de exploração dos recursos naturais existentes no município. Estes estudos procuram, a um baixo custo, desenvolver alternativas viáveis para pequenos municípios, garantindo uma base de sustentação econômica para estas áreas.

Além disso, a área de estudos enquadra-se dentro de dois grandes projetos, sendo:

- a) Projeto Mata Atlântica, com destaque em vários estados brasileiros devido à devastação destas regiões;
- b) Projeto Provida, que visa a melhoria da qualidade de vida e recuperação ambiental da região carbonífera de SC.

Finalizando, gostaria de afirmar que este trabalho não buscou apresentar verdades absolutas sobre o assunto mas sim, com base em pesquisa bibliográfica que envolveu autores de todo o mundo e ainda através da aplicação de SIG e CTM à resolução de um problema real, buscou da melhor maneira possível contribuir com o desenvolvimento de tais tecnologias em nosso país. Procuramos, na medida do possível, cumprir os objetivos a que nos propusemos. Mesmo assim, nos damos por satisfeitos e com nossa missão cumprida, se este trabalho puder servir como base para novas pesquisas, evitando que os mesmos erros aqui cometidos venham a ser repetidos, e que as experiências construtivas que apresentamos puderem constituir "atalhos" para outros projetos.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo Geral

Avaliar a aplicabilidade de Sistema de Informações Geográficas e do Cadastro Técnico Multifinalitário, voltado a prefeituras de pequenos municípios.

1.2.2. Objetivos Específicos

- a) Instalar a base de dados analógica e digital em software gerenciador de Sistema de Informações Geográficas, deixando-a passível de ser utilizada por outros mestrados e doutorandos cujo tema de estudo recaia sobre a mesma área;
- b) determinar a aplicabilidade das ferramentas utilizadas de Cadastro Técnico Multifinalitário e Sistema de Informações Geográficas para o planejamento em pequenos municípios;
- c) aplicar Sistema de Informações Geográficas à resolução de um problema prático, qual seja, viabilizar técnica e preliminarmente uma represa para acumulação de água para consumo doméstico;
- d) determinar as necessidades de dados para planejamento local envolvendo recursos hídricos.

Capítulo 2

Informações e Planejamento em Microbacias

2.1. Sistema de Informações

Dale & Mclaughlin (1990) afirmam que um sistema de informações pode ser definido como "a combinação de recursos humanos e técnicos, aliados a um conjunto de procedimentos organizacionais, que produzem informações para dar suporte às necessidades gerenciais".

A informação é componente essencial ao processo de planejamento, quer na forma de dado bruto, quer na forma de informação de retorno (feed-back), quer como dado de saída. Neste capítulo descrevem-se os componentes essenciais de um sistema, o conceito de informação, seus modos de visualização em mapas e o processo de planejamento em microbacias hidrográficas.

2.1.1. Sistema

A teoria dos sistemas contrapõe-se à idéia do início do século quando se supunha possível descrever toda sorte de fenômenos em elementos simples, inferindo do comportamento de cada um deles a manifestação do todo. Ao contrário, a partir dos estudos de Ronald Fisher (Dantas, 1992) sobre solos agrícolas, constataram-se fenômenos que não dependem das ações isoladas de suas partes, mas também da interrelação entre elas.

Dantas (1992) define sistema como um conjunto de elementos coordenados pelas relações que estabelecem todos entre si. É dito como sendo um conjunto complexo, isto é, com elementos constituintes distintos, e ordenado, pois as interrelações entre os elementos obedecem a regras e visam objetivos comuns.

Segundo Oliveira (1992, p. 23), Sistema pode ser definido como "um

conjunto de partes interagentes e interdependentes que, conjuntamente, formam um todo unitário com determinado objetivo e efetuam determinada função". Este autor coloca alguns componentes básicos dos sistemas, a saber:

- a) **os objetivos:** vem a ser o motivo pelo qual o sistema foi criado e deve subsistir, quer sejam do usuário ou do próprio sistema;
- b) **as entradas do sistema:** consistem das informações que requer o sistema para sua operação ou processo. A transformação sobre os dados de entrada pelo sistema gera saídas que devem estar em sintonia com os objetivos;
- c) **processo de transformação:** já abordado, permite a alteração de um insumo em um produto ou resultado. A transformação é, na maioria das vezes o resultado da combinação harmônica e organizada de diversos elementos do sistema;
- d) **saídas do sistema:** são o resultado de todo o processo de transformação sobre os dados de entrada e devem satisfazer aos objetivos previamente traçados, gerando produtos e informações que justifiquem o seu funcionamento.

Oliveira (1992, p.24) propõe ainda dois outros componentes de um sistema:

- a) **os controles e avaliações:** confere se o sistema está atingindo de forma correta aos objetivos propostos a uma medida custo/benefício positiva;
- b) **retroalimentação:** atua como um elemento de controle, onde as informações realimentadas são resultados das divergências verificadas entre as saídas do sistema e os parâmetros introduzidos inicialmente como entradas e objetivos do sistema.

2.1.2. Informação

O que permite a um sistema aberto organizar-se é a informação (Dantas, 1992). Ao conceituar informação, muitos autores o fazem distinguindo-a de dado. Oliveira (1992) afirma que o que as distingue é o conteúdo que ambas transmitem ao tomador de decisões. Dessa forma, dado "é qualquer elemento identificado em sua forma bruta que por si só não conduz a uma compreensão de determinado fato ou situação", ao passo que informação "é o dado trabalhado que permite a tomada de decisão".

O propósito básico da informação é proporcionar o alcance de objetivos através do uso racional e eficiente dos recursos disponíveis (humanos, materiais, equipamentos, tecnologia, dinheiro e a própria informação). Mede-se a eficiência na utilização da informação inferindo-se o custo (coleta, processamento e distribuição) de obtê-la e o benefício derivado de seu uso.

A informação tem, portanto, um custo cuja obtenção deve ser previamente estudada, planejada. Oliveira (1992) enfatiza que os custos envolvidos na produção da informação aumentam diretamente com o volume, provocando duas preocupações, quais sejam: "um aumento do custo marginal diminui a utilidade marginal da informação e a redução dos custos de informação limita a sua abrangência".

Para o mesmo autor, outros aspectos relevantes são a oportunidade e a prioridade. Quando produzida e distribuída fora de tempo hábil, a informação perde seu sentido e também todo o esforço em produzi-la. Assim, a eficiência da informação está associada a questão da oportunidade de distribuição e sua prioridade será função do processo de planejamento, que identifica a necessidade de avaliação e controle, conforme determinado no modelo básico de gestão estabelecido na empresa (Oliveira, 1992).

Para Dale & McLaughlin (1990) "a informação é o recurso básico de toda a tomada de decisão". Ao discorrer sobre a gerência de informações cadastrais em países do Terceiro Mundo, os autores enfatizam a importância da disponibilidade de informação adequada em qualidade e quantidade, para que se possa evitar ao máximo a tomada de decisão sob ótica subjetiva. A má decisão além de afastar os resultados esperados daqueles efetivamente obtidos, ainda pode trazer conseqüências desastrosas à organização (desperdício de recursos escassos é uma delas).

2.2. A Informação e a Problemática Ambiental

Cresce ano após ano a consciência do indivíduo sobre problemas no ambiente que o cerca. Na verdade o ser humano está sendo forçado a mudar seus padrões e meios de explorar os recursos naturais, uma vez que começa a sentir no deterioramento da qualidade de vida, as conseqüências do mau uso destes recursos, em uma base não auto-sustentável.

A consciência pela necessidade de conservação considera que a economia mundial deve basear-se em um desenvolvimento auto-sustentável que, segundo Barrett & Curtis (1992) deve prever os seguintes objetivos:

- a) manter processos ecológicos essenciais e os sistemas de suporte à vida;
- b) preservar a diversidade genética e;
- c) garantir a utilização sustentável de espécies e ecossistemas.

A informação sobre o meio ambiente tem o importante papel de conscientizar os indivíduos sobre os problemas existentes e soluções viáveis à questão, além de controlar e armazenar a documentação pertinente produzida sobre os assuntos ligados ao meio ambiente. Apenas com a gerência correta do banco de dados (desde a coleta até a impressão) é que o tomador de decisão estará apto a atuar com eficácia na resolução de problemas ligados ao meio ambiente.

Caribé (1992) afirma que uma das principais características da informação sobre o meio ambiente é a inter e multidisciplinariedade. Este fato torna-a uma área de difícil controle. Segundo a autora, a "área leva em consideração conceitos científicos, sociais, religiosos e filosóficos, inclui valores políticos e econômicos e discute conceitos das ciências físicas e biológicas". Assim, "para se desenvolver qualquer estudo sistemático na área, são necessários parâmetros e conceitos pertinentes a várias ramificações da ciência e tecnologia".

Alguns problemas existentes, que envolvem a informação ambiental, foram descritos por Sommerville *in* Caribé (1992). Entre os principais cabe citar:

- a) a natureza interdisciplinar da área provoca a fragmentação no armazenamento e coleta de informações, que encontram-se dispersas em vasta gama de instituições públicas, o que dificulta sua recuperação com eficácia e rapidez;
- b) os dados e informações relevantes sempre são publicados, mas por motivo de indexação incorreta, o seu conhecimento só é possível após exaustivo período de procura;
- c) os dados disponíveis são duvidosos quanto à qualidade e validade, posto que o método de coleta nem sempre é padronizado ou conhecido. O erro estatístico relacionado à coleta e produção desta informação raramente é publicado;
- d) a informação é ainda passível de manipulação por pressões políticas, econômicas ou considerações do indivíduo;
- e) a dinâmica ambiental causa rápida obsolescência dos dados e da literatura;
- f) urgência da demanda da informação para a ação do usuário.

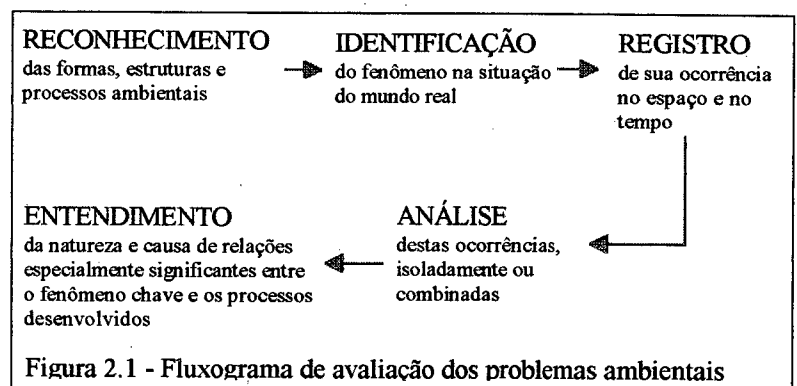
Um problema adicional da informação ambiental também existe para países subdesenvolvidos e em desenvolvimento, onde esta não faz parte das prioridades. Segundo Caribé (1992), este fato faz com que sistemas de informação nestes países apresentem-se com equipamentos obsoletos, coleções desatualizadas, baixo nível qualitativo e quantitativo do pessoal.

2.2.1. Componentes e Características de um Sistema de Informação do Meio Ambiente

A problemática de gerência do meio ambiente é hoje uma realidade conhecida e bastante divulgada (a enorme evolução dos meios de comunicação tem importante papel neste processo) devendo ser tratada com seriedade e fora do âmbito do benefício pessoal de indivíduos na comunidade. Na avaliação destes problemas, Barrett & Curtis (1992) apontam uma seqüência "já bem estabelecida de passos", que em síntese formam o fluxograma apresentado na figura 2.1.

Com base no que foi visto anteriormente a respeito da informação ambiental, seus objetivos, características e problemas inerentes à sua aquisição e administração. Caribé (1992) propõe diretrizes para o sistema de informação ambiental no Brasil. Segundo a autora, este sistema de informação deverá ter por objetivo principal "sistematizar a informação de interesse para apoiar a tomada de decisão em todos os níveis", proporcionando:

- a) ampla informação básica e facilidades para a recuperação rápida e atualizada. Contribuir para a solução de problemas emergenciais;
- b) facilidades e métodos para tomar conhecimento de desenvolvimentos de áreas problemáticas ou potencialmente problemáticas, a tempo de evitar, remediar e/ou controlar o problema;
- c) facilidades para mensurar as conseqüências das decisões tomadas e replanejamento.



Assim como existe consciência pela necessidade de uma melhor gerência dos recursos naturais existentes, também existe um consenso da importância de se deter um banco de dados resultante de levantamento que mostre a situação atual destes recursos. Tal banco de dados deve ser automatizado e, portanto, gerenciado em base computacional, o que confere maior eficiência ao investimento que deve ser realizado. Deve ser implantado prioritariamente em área com problemas ambientais complexos e abrangentes, já existentes ou potenciais.

O uso de um Sistema de Informações Geográficas deve, sobretudo, prever a existência de métodos que sistematizem a aquisição e uso dos dados coletados, para que se evite desperdícios de esforços e recursos financeiros, correndo-se o risco de um desincentivo ao uso da tecnologia.

Para a produção de um inventário de recursos naturais automatizado, Dangermond *et al* (1987) apresentam 6 diferentes categorias de técnicas para a criação deste inventário, destacando-se:

a) **Planejamento do Projeto** - O passo inicial é o desenvolvimento de um projeto de sistematização para o banco de dados. Este deve considerar seus usuários finais, as informações existentes e os recursos institucionais disponíveis. O método para o desenho deste banco de dados divide-se em três etapas: avaliação das necessidades de dados; coleta e avaliação de dados existentes e; Especificações do banco de dados (Figura 2.2);

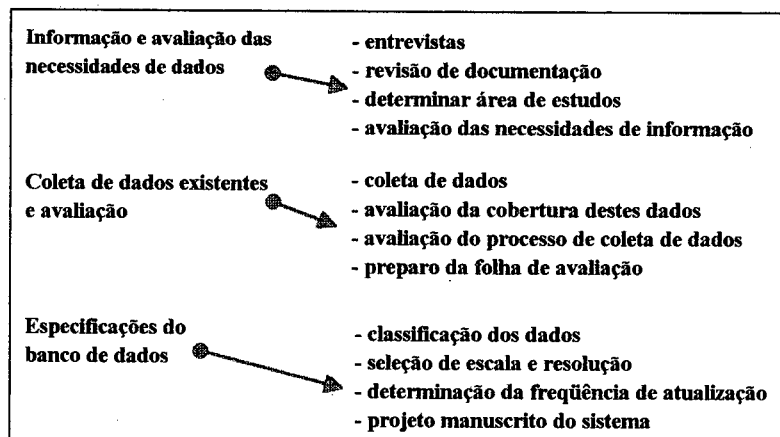


Figura 2.2 - Projeto do Banco de Dados. Fonte: Dangermond *et al*, 1987

b) **Preparação do Inventário** - Compreende as tarefas a serem desempenhadas na preparação para a produção cartográfica (muitas vezes ocorrendo simultaneamente às tarefas do item a), incorpora as seguintes técnicas: reconhecimento de campo, coleta dos dados existentes e suas fontes, seleção dos dados, agrupamento e catalogação dos dados, criação dos mapas base (figura 2.3);

c) **Compilação dos Mapas Temáticos** - Consiste na criação e desenho de mapas, um para cada variável ou grupos de variáveis compatíveis do inventário. A figura 2.4 descreve os métodos sugeridos pelo autor, que devem produzir informações na escala do mapa base de topografia;

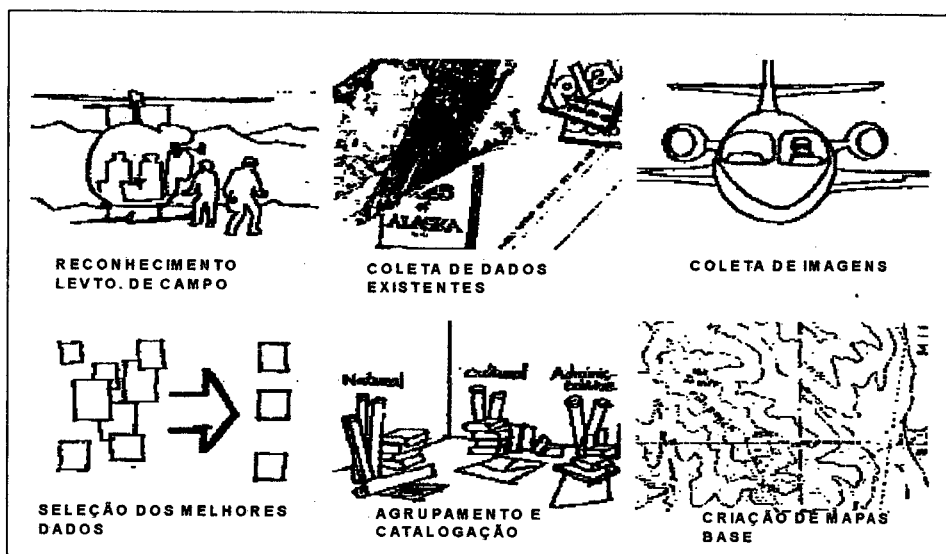


Figura 2.3 - Técnicas de Preparação do Inventário. Fonte: Dangermond et al, 1987.

- e) **Integração de Mapas** - Consiste na compilação e compactação de um número de fatores ambientais de uma variedade de fontes de dados em um único mapa. Este mapa apresenta unidades homogêneas que possuem as mesmas características gerais distribuídas. Este processo é utilizado na integração de polígonos em mapas temáticos, de recursos naturais, como solos, vegetação, declividade, geologia, entre outros.;

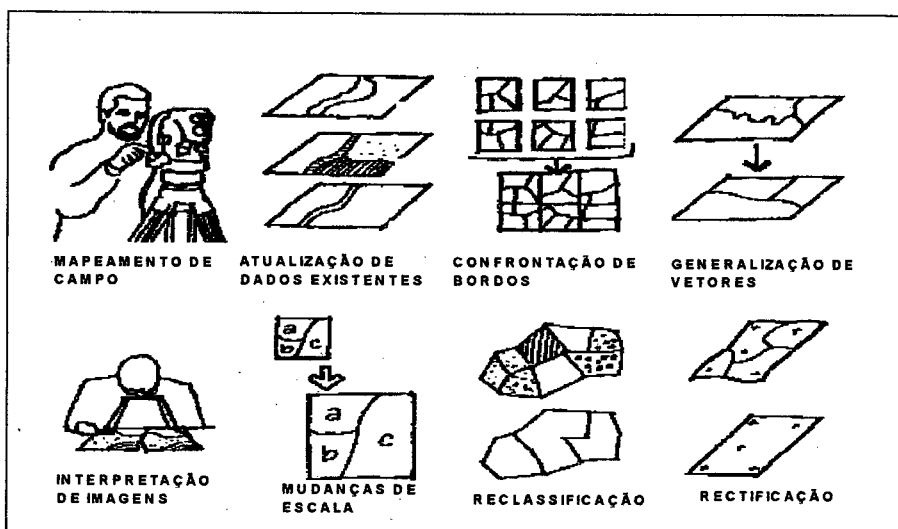


Figura 2.4 - Técnicas de Mapeamento Temático. Fonte: Dangermond et al, 1987

- f) **Edição** - A edição é utilizada basicamente para se assegurar a consistência e qualidade dos dados, tanto na fase de compilação dos manuscritos temáticos, como naquela de dados já automatizados;
- g) **Automação de Mapas** - Apresenta os dados finais na forma de arquivos em

computador. Consiste de 3 distintas etapas: digitalização, edição de arquivos digitalizados e criação do arquivo final.

2.3. Planejamento em Microbacias Hidrográficas

2.3.1. Conceituação e Relevância

Magalhães (1989) define uma Bacia Hidrográfica (BH) como "uma área onde a precipitação é coletada e conduzida para seu sistema de drenagem natural, isto é, uma área composta de um interrelacionado sistema de drenagem natural onde o movimento da água superficial inclui todos os usos da água e do solo existentes na localidade".

Entende-se por MICROBACIA HIDROGRÁFICA a área não superior a 20.000 ha que, segundo Madruga (1992) e Assad *et al* (1993-b), "drena as águas de chuvas por ravinas, canais e tributários, para um curso principal, com vazão efluente passando por uma única saída e dasaguando diretamente no mar ou em um grande lago, e estas, não possuem dimensões superficiais definidas".

O estabelecimento de uma unidade básica de planejamento é de suma importância no que diz respeito à parametrização das variáveis determinísticas e a consecução dos objetivos que se propõe realizar em determinada região. Segundo Assad *et al* (1993-b),

"a microbacia hidrográfica é a unidade geográfica ideal para o planejamento integrado do manejo dos recursos naturais do ecossistema por ele envolvido e pode ser definida como sendo a área fisiográfica drenada por um curso d'água ou por um sistema de cursos d'água conectados e que convergem, direta ou indiretamente, para um leito ou para um espelho d'água".

Assim, a interdependência dos fenômenos que ocorrem em uma microbacia leva à lógica da aplicação de técnicas que sejam homogêneas à área, visando atender a requisitos ecológicos, sociais e econômicos, ou seja, geografia, cultura e produção estabelecidos de tal modo que, a nível rural, podem ser planejados e orientados de forma comum. O maior argumento para que se utilizem unidades naturais como unidades políticas de planejamento está na influência decisiva que o meio ambiente exerce sobre a economia de determinada região, principalmente a nível rural.

O Projeto Microbacias/BIRD para o Estado de Santa Catarina, afirma a inter-relação entre o planejamento da microbacia e a importância da vocação do uso de seu solo (aptidão do solo). Prescreve ainda que "Cada propriedade rural, integrante de uma microbacia, usará o seu solo perfeitamente em equilíbrio com o planejamento global dessa unidade hidrográfica e de acordo com a aptidão de uso das terras da propriedade" (Projeto Microbacias/BIRD, 1991).

Madruga (1992) considera ainda que a pesquisa sobre Planejamento em Microbacias Hidrográficas requer que se conceitue MANEJO INTEGRADO e PROJETO INTEGRADO DE MANEJO DE BH.

O Manejo Integrado "refere-se as partes técnicas e científicas usadas na montagem do Projeto Integrado, como por exemplo, as metodologias usadas na elaboração dos diagnósticos" (Madruga, 1992).

A proposta educativa e corretiva, objetivando preservar o que ainda não está deteriorado e recuperar os danos já existentes, com a sugestão concomitante de melhores alternativas para proteção e preservação da natureza, constitui o que denominamos Projeto Integrado de Manejo de BHs.

Enfatizando aspectos relacionados ao cadastramento de informações hidrológicas e da ação antrópica em bacias hidrográficas, Ramos (1989) comenta:

" Para que se possam diagnosticar problemas e tomar decisões em recursos hídricos, é imprescindível o conhecimento da bacia hidrográfica, do seu uso e da sua hidrologia. Em particular, além de precipitações e vazões, além de outras variáveis do ciclo hidrológico, é fundamental o conhecimento das derivações e contribuições causadas pelo homem aos cursos d'água, as cargas poluidoras neles lançadas e as características das obras que os afetam ..."

O crescimento populacional do mundo e o conseqüente aumento na utilização da superfície terrestre faz da água, dos rios e das bacias hidrográficas objetos de estudo e planejamento integrados cada vez mais necessários ao bom uso do meio ambiente e seus recursos naturais. A integração de áreas de drenagem faz-se cada vez mais importante, uma vez que a água tem se tornado mais e mais um dos fatores limitantes do desenvolvimento harmônico de uma sociedade.

2.3.2 Objetivos de um Programa de Manejo de BHs

O objetivo principal do manejo de BHs é a utilização racional e econômica, dos recursos naturais oferecidos em determinada região, com ênfase à conservação do ecossistema. As ações em andamento atualmente no Brasil tem enfatizado o planejamento da propriedade agrícola isoladamente, desprezando o aproveitamento integrado dos recursos naturais.

Dentre os objetivos de um plano de gerenciamento de recursos naturais em BH está a proposta de uso adequado do solo. Ao tratar da degradação do solo e da água em Santa Catarina, Veiga *et al* (1991-a) dividem o uso e manejo inadequado do solo em 4 diferentes níveis:

- a) **Uso do solo fora de sua aptidão natural** - A topografia acidentada do território catarinense quando aliada à agricultura colonial desenvolvida, caracterizada por pequenas propriedades, muitas vezes levou a utilização de áreas para exploração agrícola onde não havia aptidão de uso para lavouras, resultando em grande potencial de erosão e degradação ambiental.
- b) **Cobertura vegetal inadequada** - A remoção quase que completa da cobertura vegetal original e sua substituição por culturas anuais e pastagens, ocorrida principalmente pelo imenso número de propriedades e sua pequena área, é outro fator agravante do uso inadequado do solo como fator econômico.
- c) **Sistema de preparo inadequado** - aponta como principal causa da degradação de solos e mananciais o uso de sistemas convencionais de preparo do solo, o qual "envolve um grande número de operações de preparo e resulta numa pulverização excessiva do solo". A exposição da superfície do solo facilita o processo de erosão.
- d) **Compactação dos solos agrícolas** - Outro importante item no uso inadequado do solo é a sua compactação, provocada principalmente pelo emprego exagerado de máquinas agrícolas e manejo inadequado de pastagens em condições inadequadas de umidade, provocando destruição da estrutura do solo e sua compactação (envidramento).

Assad *et al* (1993-b), afirmam que "para modificar este cenário, é preciso que seja implantado um programa racional de utilização e manejo dos recursos naturais, principalmetnte do solo e da água, com participação direta das comunidades rurais".

Quanto aos Conflitos de Uso da Terra, estes dizem respeito ao uso impróprio do solo, desconsiderando sua aptidão de uso. A nível de análise econômica da viabilidade de uso do solo, os conflitos de uso da terra são os maiores responsáveis por prejuízos como a erosão, assoreamentos de barragens e açudes, enchentes e secas.

Outro objetivo para o programa de gerenciamento de recursos naturais está na preservação dos recursos hídricos da microbacia.

Assad *et al* (1993-b) após descrever a atual crise agrícola em relação à utilização de recursos hídricos afirma que a solução está na estruturação e execução de um programa amplo de manejo de recursos hídricos em microbacias hidrográficas. Cita o autor:

" O incremento da produção e da produtividade agrosilvopastoril, a diminuição dos riscos de secas e de inundações, a redução dos processos de erosão do solo, a preservação e/ou recuperação de reservas florestais de áreas nativas, principalmente de galeria, são exemplos de metas a serem alcançadas por este programa, na busca de novas alternativas de exploração econômica para a comunidade rural".

Em sua tese de doutorado, Madruga (1992) cita Lopez e Hernandez e Rocha, acerca das metas para programas de manejo de BHs em áreas tropicais. Entre elas destacam-se:

- a) diminuir os processos erosivos;
- b) diminuir os danos causados pela sedimentação e inundação;
- c) regularizar o regime hidrológico e;
- d) obter água de boa qualidade.

2.3.3. Sistema Básico de Informações para o Manejo de BHs

Após avaliação dos aspectos gerais de manejo de micro BHs., definição dos seus principais conceitos e objetivos, a oportunidade permite falar rapidamente sobre um Sistema Básico e Informações para Manejo de BHs. A seguir, apresentam-se opiniões distintas de três autores sobre os elementos que devem compor um sistema de informações para planejamento e manejo de microbacias.

a) Pundek (1991)

Pundek (1991) apresenta metodologia para levantamento conservacionista, tendo por base aquela proposta pela EMPASC (hoje EPAGRI). A metodologia para planejamento conservacionista tem base naquela já utilizada pela ACARESC (atual EPAGRI) desde a década de 70. Ambos os sistemas estão fundamentados nas necessidades e características do Estado de Santa Catarina.

A metodologia para o levantamento conservacionista prevê como fatores determinantes para o diagnóstico de classes de aptidão de uso os seguintes:

- i) profundidade efetiva do solo;
- ii) declividade;
- iii) suscetibilidade à erosão;
- iv) pedregosidade;
- v) fertilidade e drenagem.

b) Madruga e Pereira (1991)

Estes autores sugerem um complexo sistema de informações, com a seguinte composição de inputs para um manejo integrado de micro BHs:

- | | | |
|-----------------------------|---|---|
| i) atributos espaciais | <ul style="list-style-type: none"> - mapa base - mapas temáticos | <ul style="list-style-type: none"> - carta geológica/geomorfológica - mapa de uso da terra - carta de classes de declividade - hidrografia - carta de coeficientes de rugosidade - carta de solos - potencial de erosão do solo - carta de capacidade de uso da terra |
| ii) atributos não-espaciais | <ul style="list-style-type: none"> - localização geográfica da área de manejo - área física - clima - densidade populacional - recursos hídricos | <ul style="list-style-type: none"> - comprimento da vazão superficial - densidade de drenagem - sinuosidade dos cursos de água - padrões de drenagem - índice de circularidade - índice de forma - declividade média - coeficiente de compacidade |

Entende-se por atributos espaciais todas as formas de mapas e cartas, e não-espaciais as informações que caracterizam uma entidade. Cabe ressaltar que uma definição de cada um dos elementos apresentado acima deve ser buscada na referência bibliográfica original.

c) Assad e Sano (1993)

Em seu livro intitulado "Sistema de Informações Geográficas: aplicações na agricultura", Assad & Sano (1993-a) enunciam como entrada de dados original os seguintes "planos de informações":

- i) mapa de solos;
- ii) mapa de declividade;
- iii) mapa de uso da terra e;
- iv) mapa de vegetação original.

Todos estes layers foram obtidos na escala 1:20.000 e armazenados em sistema SIG, gerando-se com este sistema o que convencionaram chamar "mapa de meio físico".

Capítulo 3

Cadastro Técnico Multifinalitário

Neste capítulo procurou-se apontar a importância do Cadastro Técnico Multifinalitário (CTM) como ferramenta básica do planejamento, na medida em que vincula o levantamento de dados e as informações úteis para a tomada de decisão. Assim, o CTM é elemento base no planejamento, implantação e execução de um Sistema de Informações Geográficas. Ao final o capítulo atém-se a algumas diretrizes propostas para elaboração de um banco de dados cadastral para múltiplos usuários.

3.1. Avaliação das Características Físicas Locais e Regionais a Partir dos Mapas

3.1.1. Estudos da Paisagem

Embora o termo paisagem soe, num primeiro momento, artístico, sentimental e bucólico, no entendimento técnico científico constitui uma importante síntese de condicionantes físicas, biológicas e sócio-culturais, não descartando-se, entretanto, o intrínseco significado psicológico que é peculiar ao tempo (Milano, 1989).

A paisagem como resultado visual da integração dos fatores naturais - relevo, solo, clima e vegetação - associados ou não a alterações antrópicas de ordem socio-econômico-cultural é, para não considerar-se simplesmente indispensável, um importante elemento a ser analisado quando da avaliação de impactos ambientais (Milano, 1989; Pires, 1994).

A partir de uma concepção estética, como a paisagem mais comumente é considerada, os fatores que afetam a sua composição, tornando-a mais ou menos atraente, são a forma, a escala e a diversidade de seus elementos componentes (Forestry Commission,

1986). Segundo Milano (1989), paisagem é também um aspecto para reflexão quanto à importância intrínseca de cada ambiente analisado, sendo variável entre entendimentos a níveis macro e micro regionais.

Considerando os diferentes aspectos da abrangência do entendimento e planejamento da paisagem, é possível dividir este processo em quatro etapas:

- a) levantamento e análises;
- b) avaliação;
- c) programa de ação ou delineamento de solução;
- d) implementação da proposta.

Os levantamentos e as análises constituem a determinação da importância relativa dos fatos e fatores que estrutura as linhas de ação pelas quais esta será ajustada, em consonância com princípios ecológicos, para suprir necessidades de mudanças circunstanciais.

Os levantamentos consistem de três classes de fatores: fatores paisagístico-ecológico; os fatores humanos, socio-econômico e culturais; a aparência visual resultante da interação de ambos os fatores.

O processo de análise inclui a geologia, a geomorfologia, o solo, (visto em termos de erodibilidade, fertilidade, drenagem e diversidade), a hidrologia, o clima, a vegetação, (em termos de diversidade, localização e raridade), a vida silvestre e os fatores humanos, sócio-econômicos e culturais do uso da terra.

Estas informações devem ser agregadas e mapeadas de modo que as variáveis possam ser relacionadas tanto mutuamente como com o propósito do estudo, sendo, assim, possível conhecer a paisagem em termos de seus valores econômicos, ecológicos e estéticos.

3.1.2. A Importância da Produção de Mapas

Para os organizadores dos espaços rural e urbano, um sistema de mapeamento constitui uma importante ferramenta de trabalho para a coleta e manipulação de informações espaciais e topográficas atualizadas e de relevância no planejamento físico-espacial (Breijjn, 1985). Por outro lado, Estes & Mooneyhan (1994) salientam que para inúmeras áreas de países em desenvolvimento ou desenvolvidos não existem os dados espaciais (mapas)

necessários a fornecer o subsídio necessário ao planejamento ambiental.

Segundo Breijn (1985), a maioria dos processos de planejamento se inicia com a produção de um mapa base ou algum tipo de revisão de uma carta topográfica desatualizada. Muitos mapas temáticos são criados neste processo a fim de demonstrar as mais variadas distribuições espaciais e, finalmente, os projetos resultantes são também mostrados na forma de mapas.

Ainda segundo Breijn (1985), eficácia e eficiência de um planejamento dependem do controle dos seus realizadores sobre a manipulação dos dados espaciais coletados, especialmente quando a qualidade e representatividade dos dados de entrada no sistema são baixos, ou mesmo mínimos.

Um sistema de informações que atenda às necessidades dos planejadores e tomadores de decisão deve satisfazer a cinco critérios mínimos, quais sejam:

- a) agilidade;
- b) baixo custo;
- c) uso de equipamentos padrão;
- d) permitir a realização de operações descentralizadas;
- e) sistema integrado.

A agilidade e o baixo custo são, segundo Breijn (1985), efetivamente, as características mais procuradas. A opção por um equipamento padrão é motivada pela necessidade em se reduzir os custos de treinamento e aquisição de hardware e também para evitar a contratação de elementos altamente especializados, difíceis de se encontrar no mercado de trabalho. A descentralização e integração visam dar ao sistema a agilidade e aspecto organizacional tal que viabilizem a realização dos trabalhos, estando apto a vencer as barreiras implantadas pela ação de políticos, falta de informação,...

Os mapas são o melhor meio de obtenção, registro e análise da paisagem em termos dos valores que agregam, e são absolutamente necessários para se atingir eficácia no planejamento do desenvolvimento econômico e uso dos recursos da terra. A complexidade das relações do homem com a terra é de tal ordem, que é indispensável registrar em detalhes tais relações, para que possa ser entendida a sua repercussão sobre o ambiente e sobre a economia, sejam oriundas de direitos, interesse público, comunitário ou individual. Os mapas cadastrais de grande escala, são a única base segura para tais registros (Loch, 1993-a; Dale &

Mclaughlin, 1990; Seiffert & Loch, 1994)

O quadro fundiário rural brasileiro mostra um grande número de agricultores empobrecidos e, destes, a maioria não tem um título de registro de imóveis coerente com a área que ocupa. Tal fato leva à insegurança do agricultor, e segundo Loch (1993-a), trás como consequência a perda da capacidade do uso da terra, pois só se pensa em produzir imediatamente, sem tomar cuidados quanto ao futuro.

3.1.2.1. DEM/DTM, Visão 3D e o Planejamento

Toda representação digital da variação contínua do relevo no espaço é conhecida como Modelo Digital de Elevação (DEM - *Digital Elevation Model*), também conhecido como Modelo Digital do Terreno (DTM - *Digital Terrain Model*), quando aplicado à topografia. Aplicações possíveis utilizando informações provenientes da visibilidade a partir de DEMs podem ser assim caracterizadas (Lee, 1994; Burrough, 1987):

- a) problemas de corte e aterro no projeto de estradas e outros projetos de engenharia civil;
- b) visualização tridimensional do terreno para fins militares, de planejamento e de projetos sobre a paisagem. Também como pano de fundo para a visualização de informações temáticas;
- c) planejamento de rotas para estradas, localização de barragens, etc;
- d) análises comparativas entre terrenos, simulações;
- e) no cálculo de mapas de declividade, traçado de perfis e como suporte a estudos de erosão e run-off;
- f) na reposição da altitude por outro tema, DEMs podem representar superfícies indicando tempo de viagem, custo, população, níveis de poluição, etc.

Kuhn (1991) com o estudo físico-territorial dos 150 anos da evolução de uma comunidade, aplicando recursos de visualização tridimensional na análise de áreas afirma que "com a ajuda dos métodos de processamento digital de imagens é possível se gerar imagens muito realistas para os diversos campos de aplicação". As visualizações em perspectiva contribuem a um melhor entendimento da área em estudo, produzindo resultados úteis a todos os interessados.

Dale & Mclaughlin (1990) afirmam que os modelos tridimensionais de terreno podem ser utilizados para cálculos de altura, declividade e volumes, sendo que a visão tridimensional disposta em bloco diagramas permite sua visualização de quaisquer ângulos e

inclinações da base.

Simões & Maia (1988), a respeito de Modelos Digitais de Terrenos, afirmam que as técnicas referentes a estes modelos "vem sendo estudadas nas últimas décadas, com sucessivos progressos quanto a coleta de dados básicos, métodos de interpolação, softwares específicos, etc. No caso de técnicas de Sensoriamento Remoto, utiliza-se o Modelo Digital do Terreno que é expresso através de coordenadas tridimensionais, como um nível de informações em Sistemas Geográficos de Informações, o que aumenta consideravelmente o número de saídas".

3.2. Cadastro Técnico Multifinalitário Rural - CTMR

Em virtude deste trabalho possuir enfoque eminentemente sobre a área rural, abordam-se aspectos voltados sobretudo ao CTM Rural, suas características, objetivos e implicações.

Segundo Loch (1984), o cadastro técnico deve ser entendido como um registro de dados que identifica ou caracteriza a área de interesse: registro feito de forma descritiva sempre apoiado sobre uma base cartográfica. O cadastro além de atender as necessidade informacionais e legais das propriedades deve também servir como um banco de dados a todos os órgãos governamentais e de trabalhos que necessitem de informações precisas da unidade de produção.

Em um cadastro, ou sistema de informações da terra (Dale & Mclaughlin, 1990), as informações tem por base a propriedade. O desenvolvimento recente destes sistemas tem seus motivos na importância das aplicações a que se destinam, sempre vinculadas a propriedade. A escassez de recursos naturais, a preservação do meio ambiente, necessidade de avaliação para fins de financiamento e aumento do custo da terra, bem como uma visão crescente da necessidade de se otimizar seu uso e dos recursos nela empregados, são alguns dos motivos que contribuíram para a definitiva assimilação destes sistemas. Aliado a isto pode-se somar o desenvolvimento da automatização e gerência de bancos de dados em sistemas computacionais.

O Cadastro Técnico Rural, abre-se ao infinito quanto ao universo de informações que possa vir a conter, pois aquelas que, ao avanço da sociedade venham a ser importantes para um melhor planejamento, pelos órgãos públicos ou pela própria

comunidade organizada, poderão vir a integrar os bancos de dados. Atualmente, as informações contidas no Cadastro Técnico Rural atenderiam, entre outras finalidades, ao planejamento de (Rutkowski, 1987):

- a) **uso do solo**, pela visão de conjunto que propicia o Cadastro Técnico Rural, indicando os percentuais dos diferentes tipos de uso em cada imóvel cadastrado, culturas permanentes, rotativas, pasto, matas, reflorestamento, é possível obter-se um planejamento integrado, intensificando o uso e incrementando a produtividade da terra, pela melhor definição de vocação, potencialidade agrícola e pastoril da região. Fornece também dados sobre a topografia do imóvel, indicando áreas com problemas de erosão, orientando trabalho de recuperação do solos;
- b) **recursos naturais**, diretamente ligado à questão do uso da terra, está a administração dos recursos naturais, quer quanto à sua exploração, quer quanto à sua preservação, sendo este objeto de uma melhor fiscalização, mediante análise e comparação dos dados constantes do Cadastro Técnico Rural - áreas de reserva florestal, sítios ecológicos, águas;
- c) **desapropriações**, facilita a elaboração de laudos de avaliação, indicando a situação dominial do imóvel, além de espalhar a realidade física das dimensões do imóvel, bem como benfeitorias existentes, já que a toda obra pública deve corresponder a devida desapropriação, naquilo que for de domínio privado;
- d) **estruturas fundiárias**, possibilita apurar-se a existência de terras devolutas, pelo levantamento sistemático da situação dominial dos imóveis, indicando também seus ocupantes. É o Cadastro Técnico Rural instrumento imprescindível nas atividades de titulação de terras devolutas. Também fornece elementos detalhados para a contestação de ações de uso capião incidentes em terras devolutas, operando assim a defesa dos interesses públicos e do Estado.

Como benefícios trazidos pelo sistema de registro de propriedade (cadastro jurídico) e pelo cadastro fiscal, Dale & Mclaughlin (1990) e Schneider & Loch (1994) destacam:

- a) **cadastro jurídico** - garantia de propriedade, redução de disputas de terra, estímulo ao mercado imobiliário, segurança na concessão de crédito, melhores condições para que se efetue um planejamento mais eficiente, etc;
- b) **cadastro fiscal** - proporciona a base de informações para fixação de impostos sobre os imóveis, suporte para programas de financiamento e alocação de recursos, monitoramento e suporte para o mercado imobiliário, garantia dos objetivos do ITR (Imposto Territorial Rural), aumento da produtividade do solo, entre outros.

De acordo com Labasse (1972), para o estudo de um espaço geográfico, há necessidade de se fazer um inventário dos recursos existentes no território, antes de abordar

múltiplos elementos (entre os quais extensão, posição, distribuição da população, recursos minerais, solos, clima). O cadastro seria a ferramenta ideal para esta quantificação, ou instrumentação para tal investigação.

O Cadastro Técnico Multifinalitário, segundo Blachut (1979), deve ser entendido como um sistema de registro da propriedade imobiliária, seja rural ou urbana, feito de forma geométrica e descritiva, caracterizando cada imóvel como um ente individual, constituindo-se desta forma como o veículo mais ágil e completo para a parametrização dos modelos explorados de planejamento, sempre respaldados quanto à estruturação e funcionalidade.

Na análise ambiental, o Cadastro Técnico Multifinalitário desempenha papel fundamental ao tornar ágil a parametrização de modelos explorados de planejamento, garantindo fidelidade e precisão dos dados e levando em conta aspectos físicos, sociais e políticos da região analisada.

De acordo com Blachut (1979), é muito difícil administrar um País, Estado ou Município e progredir economicamente a longo prazo sem o conhecimento rigoroso dos fatores que envolvem o uso e a ocupação da terra, a propriedade, as condições em que o homem vive na terra, suas atividades e o meio ambiente gerado por esta cultura. Para tanto, recomenda-se um cadastro técnico multifinalitário com um planejamento prévio executado por uma equipe multidisciplinar.

Carvalho (1985) recomenda que os governos municipais procurem organizar sistemas de informações fundamentados na estrutura fundiária, mantendo-os compatíveis com o cadastro técnico de múltipla finalidade que, por princípio deve preservar a precisão geométrica somada a uma análise jurídica da ocupação do solo urbano ou rural.

À medida que o conjunto de informações de um CTM passa a ser armazenado em mídia digital, possibilita-se ao usuário maior agilidade, facilidade de acesso e manipulação das informações originais, gerando assim novos mapas temáticos (p. ex. aptidão do solo e declividade).

3.2.1. Técnicas para a Atualização dos Mapas Cadastrais Através do Monitoramento da Área.

Para a tarefa de monitoramento do espaço rural é necessário um sistema de coleta de informações que possam identificar a cultura ou característica de interesse e

calcular a área em análise de forma econômica e repetitiva. Dentro desta problemática, as técnicas de Sensoriamento Remoto por Satélites apresentam periodicidade adequada (Loch, 1990).

Para o mesmo autor, a avaliação ou a mensuração das alterações que ocorrem no meio ambiente, evidentemente não devem ser efetuada unicamente através da Topografia, ou então de simples levantamentos topográficos, mas sim da utilização das técnicas mais modernas que se dispõe, quais sejam; a Fotointerpretação e o Sensoriamento Remoto, visando o mapeamento cadastral multifinalitário, onde é avaliada a área, desde a propriedade imobiliária, seu aproveitamento em termos de uso do solo, capacidade de uso do solo, declividade do solo, etc.

Tendo-se o mapeamento cadastral sobre vários temas já concluído, incluindo-se o uso atual do solo é possível usar imagens de satélite para executar o monitoramento das características do uso do solo sistematicamente com o passar do tempo.

O mapeamento cadastral detalhado somado ao seu monitoramento durante um período de tempo de alguns anos passa a ser a ferramenta fundamental para o planejamento municipal e principalmente a base para a extensão rural.

3.2.1.1. Importância do Sensoriamento Remoto para a Manutenção do Cadastro Técnico

Organizações de todo o mundo, quer públicas, quer privadas, requerem cada vez mais eficiência na interpretação e análise de fatores ambientais. Sejam considerações acerca da atmosfera ou estudos sobre habitat de espécies específicas, as mesmas perguntas de um modo geral são feitas:

- a) Quais os fatores que atuam no local ?
- b) Estarão eles relacionados, como ?
- c) Quais as ferramentas adequadas de coleta de dados, processamento e análise ?

Ao discorrer sobre o uso do Sensoriamento Remoto nas atividades de Fotogrametria, Loch (1989) conceitua-o como "a captação à distância de registros, dados e das informações características da superfície terrestre sem o contato direto". Mais adiante acrescenta o mesmo autor que o objetivo do SR "reside na caracterização das propriedades de alvos naturais, através da detecção, registro e análise de fluxo de energia radiante,

refletido ou omitido pelos mesmos".

a) Fotografias Aéreas

As fotografias aéreas convencionais, segundo Strandberg (1975) tem seu ponto forte na possibilidade de avaliar a área de estudos em três dimensões, através da estereoscopia, somada à grande escala com que são imageadas. Possibilitam então corrigir informações levantadas a campo, complementar dados quanto a locais inacessíveis, efetuar previsões e, principalmente, "mapear detalhadamente e sistematicamente grandes áreas em grandes escalas" (Loch, 1991-b).

Shelton (1969) alerta para a urgente necessidade dos governos tomarem consciência ou conhecimento quanto à importância do mapeamento o mais detalhado possível de seu território para que possam fazer um planejamento visando o desenvolvimento da área ou região subordinada aos seus interesses. Para que cumpra-se este propósito é fundamental a utilização de técnicas de Sensoriamento Remoto, principalmente nos países em desenvolvimento, onde os problemas de degradação ambiental, exploração inadequada de recursos naturais são constantes e normalmente fogem ao controle de métodos convencionais de fiscalização utilizados pelos órgãos públicos.

b) Imagens Orbitais

Para Kuhn (1991), a superposição e rotação de imagens; a confrontação de resultados de diferentes produtos; a visualização estereoscópica das imagens de satélite SPOT, demonstram que, com a ajuda do processamento digital, é possível gerar imagens mais realistas para os diversos campos profissionais.

Afirma Loch (1990) que as imagens de satélite são um "meio pelo qual se torna possível fazer o acompanhamento das alterações ocorridas na propriedade rural, tanto na estrutura fundiária, como no uso do solo e na rede viária regional, gerando a atualização cadastral". O mesmo autor afirma ainda que a repetitividade e visão panorâmicas proporcionadas pelo imageador orbital Landsat, proporcionaram a avaliação de todo o município de Porto Vitória, com alta precisão geográfica.

c) Sensores Aeroportáveis

Tecnologia em evolução, os atuais sistemas aeroportáveis representam o

mercado atual de sensores multiespectrais, os quais são elaborados com maior eficiência ao usuário e a um custo menor. Mesmo assim, muitos usuários potenciais que poderiam beneficiar-se com esta tecnologia ainda não estão sensibilizados da favorável relação custo/benefício destes sistemas.

Em termos de Cadastro Técnico, o sensor representa um incremento considerável sobre o nível de informações apresentadas pelos satélites, deslocando o foco das análises do âmbito regional para o local, em função do aumento de escala proporcionada. O *casi* (*Compact Airborne Spectrographic Imager*), por exemplo, apresenta desempenho bastante adequado ao ambiente rural, permitindo útil delimitação de formas e padrões, indicando seu emprego na atualização constante de dados e no planejamento de uso da terra, monitoramento e conservação de recursos naturais (Mah & Kirchner, 1993; Walker, 1993, Ekstrand, 1994).

Em relação à foto aérea, o sensor encontra-se ainda bastante longe de permitir vôos em escalas grandes, com a resolução destas fotos. Entretanto, a qualidade geométrica e radiométrica destes imageadores vem se aprimorando ano a ano, com a possibilidade de acoplar de novos acessórios ao sensor (GPS, giroscópios melhores, sensores de luminosidade, ...). Já se fala em obter ortoimagens e a visão estereoscópica também já é possível, capaz de inserir definitivamente estes imageadores entre as ferramentas indispensáveis ao planejamento físico-territorial.

3.2.2. Necessidade de Correlacionamento da Legislação com Medição

Segundo Loch (1991-a), a condição para que se mantenha ou, se adquira a preservação do meio ambiente exige indiscutivelmente que a legislação a ela pertinente seja realmente cumprida, somada a mensuração da realidade físico-espacial do que existe na área em análise. Não é admissível que se aplique simplesmente a multa por alguma transgressão a lei quanto ao uso indevido do solo, mas sim, simultaneamente é preciso que se mostre as razões da punição e a necessidade de corrigir os erros cometidos, sob pena de num futuro bem próximo, o próprio infrator sofrer as consequências em termos de erosão do solo e da perda da capacidade de uso de suas terras.

Segundo Schneider & Loch (1994), o Cadastro Técnico Multifinalitário Rural "além de promover um ajuste preciso da estrutura fundiária em termos de demarcação física e legalização documental, dirimindo conflitos entre confrontantes, registra uma série de

informações básicas, tais como: uso atual do solo, serviços públicos, condição econômica e social dos produtores e casos de pendências fundiárias ou de outro cunho legal".

Erba (1994) afirma que, na medida em que o Estado toma conhecimento de seu território a partir do cadastro de imóveis, o Cadastro passa a ser uma instituição de "profundo conteúdo jurídico", pois toda atividade administrativa reconhece como fonte direta ou indireta a Lei, e a atividade cadastral sempre se exerce dentro da Lei e nunca fora dela.

Atualmente, no Brasil, o cadastramento fiscal de imóveis rurais e a arrecadação do ITR, encontram-se sob responsabilidade da Receita Federal (Lei Complementar nº 8022 de 12 de abril de 1990), sendo executado sob a forma "Declaratória", pelos proprietários dos imóveis rurais (Schneider & Loch, 1994).

3.3. Diretrizes à Elaboração e Implementação de um Banco de Dados Cadastral Multifinalitário

Conforme afirma-se na revisão bibliográfica SIG, a seguir (capítulo 4), requer um Banco de Dados adequado aos objetivos pretendidos pelo usuário final. Consta-se então a necessidade de se proporem linhas mestras para a formação de um banco de dados adequado ao Geoprocessamento. Estas linhas mestras deverão auxiliar a todas as entidades envolvidas públicas e privadas no processo (prestadoras de serviços públicos, órgãos governamentais de planejamento, ...), na medida em que oferecem suporte à justificativa financeira pelo desenvolvimento de um banco de dados multifinalitário sobre os recursos da terra, ajuda na identificação de elementos mapeáveis de interesse comum entre os partícipes e provê uma base para a discussão sobre cooperação e aumento de produtividade dos recursos financeiros investidos.

Ao tratarem a questão da informação no Cadastro Técnico Multifinalitário, Dale & Mclaughlin (1990) apontam como possíveis de inclusão em um banco de dados multipropósitos os seguintes itens: direitos e restrições à propriedade; valores imobiliários para fixação de impostos; uso do solo rural e urbano, edificações, população e dados censitários, limites administrativos; monumentos históricos e culturais; topografia; dados geológicos e geofísicos; solos; vegetação; fauna; hidrologia; clima; focos de poluição; indústrias; transportes; água e esgoto; redes elétricas e telefones; serviços de emergência.

Tem havido no país uma certa desarmonia entre os vários órgãos públicos e

concessionárias de prestação de serviços públicos no que diz respeito à execução de um cadastro técnico voltado às suas respectivas áreas de atuação e objetivos. Assim, nota-se constantemente a execução de bases cadastrais semelhantes que, entretanto, por não serem interrelacionadas em virtude da falta de intercomunicação, ocasionam desperdício de recursos públicos, sempre custeados pela população.

Os projetos de Unificação de Bases Cadastrais de Recife e, mais recentemente, de Curitiba, comprovam a tendência de substituição de cadastros específicos pela concentração de esforços entre vários órgãos públicos, visando reduzir os custos financeiros, humanos e tecnológicos, através da implantação de uma base cadastral comum, útil a todos os participantes.

Apesar de, a princípio, o custo do mapeamento elevar-se com o aumento do número de informações a serem levantadas, o fato de usar-se a mesma base cartográfica para todos reduz consideravelmente os custos financeiros de cada participante.

Existe também a possibilidade de que organismos de pequeno porte, que antes não tinham condições de arcar com o ônus financeiro do desenvolvimento e manutenção de base cadastral própria, agora vislumbrem a possibilidade de contribuir com uma pequena parcela do custo total do mapeamento e obter os dados necessários a um planejamento mais eficaz. Deve-se lembrar que vários levantamentos cadastrais já executados perdem grande parte de seu valor p/ planejamento devido à carência de recursos para a manutenção constante deste banco de dados; com a produção conjunta de vários temas, a manutenção também terá seu custo reduzido.

A produção de cartas temáticas, tendo como exemplo o modelo apresentado pelo Projeto Unibase, distribui o custo total do mapeamento, ponderadamente, reduzindo o custo individual de cada participante e, conseqüentemente, otimizando a utilização de recursos públicos.

Em 1988, as discussões sobre este tema desenvolvidas pelos integrantes do *Geographic Information Management Systems Comitee* (GIMS, 1990) resultaram na publicação do artigo "*Multi-purpose Geographic Database Guidelines for Local Government*" que, entre outras coisas enumera 5 considerações importantes para o desenvolvimento efetivo de um Banco de Dados Geográfico e Multifinalitário: a) identificação de potenciais usuários; b) identificação da necessidade de produtos a serem gerados; c) definição das categorias de dados espaciais; d) estabelecimento de níveis

necessários de exatidão e qualidade e; e) avaliação das fontes de dados e sua respectiva qualidade.

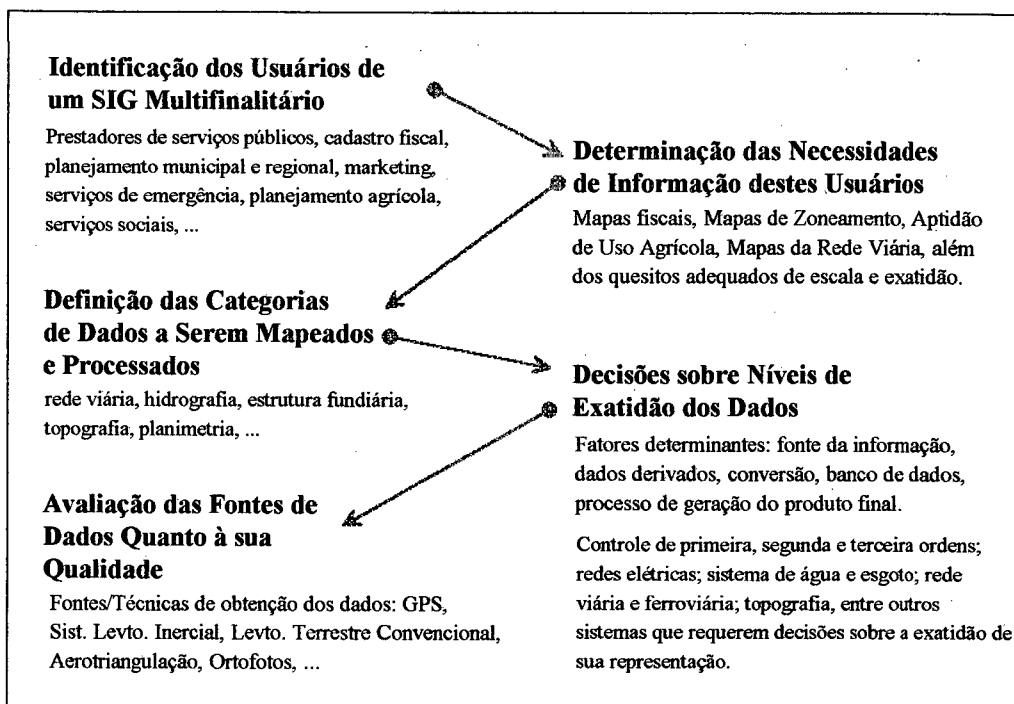


Figura 3.1 - Etapas no desenvolvimento de um banco de dados multi-usuário. Fonte: GIMS (1990)

Uma vez definidos os usuários potenciais de um banco de dados multiusuário, estes devem ser chamados a participar e discutir os demais itens (b, c, d, e), pois da compreensão da necessidade de cada um irá nascer um produto final que satisfaça a todos.

Segundo o GIMS (1990), verifica-se a existência de grandes lacunas na utilização eficiente de um banco de dados para o planejamento por governos locais, sendo identificados sete problemas básicos no registro de elementos da terra: acessibilidade, disponibilidade, duplicação, agregação, integrabilidade, confiabilidade e problemas institucionais. Segundo o GIMS (1990):

" A utilização eficiente de dados geográficos requer a cooperação de várias agências. Este esforço cooperativo resulta em ampla utilização dos dados geográficos, conseqüentemente incrementando a eficiência dos custos na coleta de dados".

A implantação de um Sistema de Informações da Terra - LIS¹ (v. definição e características no capítulo 4, item 4.4.2) requer a consideração de uma série de fatores que, enumerados por Dale & Mclaughlin (1990), resumem-se no quadro 3.1:

¹ Land Information System, consiste de um sistema de informações que tem por objeto a propriedade imobiliária. Maiores informações no capítulo 4, item 4.2.2.

Quadro 3.1 - Fatores a considerar na implantação de um LIS. Fonte: Dale & McLaughlin, 1990

	Técnicos	Organizacionais	Institucionais
Considerações	Diz respeito à coleta, transformação e armazenagem dos dados	Dizem respeito à organização da informação, seu fluxo e aspectos administrativos ligados ao projeto e desenvolvimento do sistema	O ambiente institucional diretamente afeta o projeto e desenvolvimento de um CTM, sendo também afetado pelas reformas que devem ser realizadas.
Requisitos	<ul style="list-style-type: none"> - desenvolvimento de padrões para os dados; - referência espacial; - mapeamento básico - padrões para atualização e compilação - projeto do sistema de códigos das propriedades; - aquisição e uso de tecnologia adequada 	<ul style="list-style-type: none"> - desenvolvimento de normas para a organização dos dados; - normas e procedimentos para o fluxo dos dados; - flexibilidade conceitual e de projeto; - disposições apropriadas de pessoal; - reorganização administrativa; - desenv. de comunicação, cooperação e suporte operacional 	<ul style="list-style-type: none"> - avaliação das necessidades do usuário e restrições do sistema; - desenvolvimento de disposições financeiras; - reformas legais; - Consultorias (suporte técnico); - suporte político; - política de informação da terra.

3.3.1. A Questão da Escala na Elaboração do Cadastro Técnico Multifinalitário

Uma das questões que deve ser tratada com bastante esmero na elaboração de um banco de dados multifinalitário é a especificação da escala necessária ao produto final de cada usuário. A questão é tão importante que a escala é um dos fatores preponderantes na determinação do volume de dados a ser coletado e processado e, portanto, do custo a ser arcado por cada um dos participantes.

Segundo o GIMS (1990) o mapeamento cadastral rural envolve escalas de até 1:5000, devendo ser apropriado para o registro e análise das propriedades da área mapeada, ou seja, como a propriedade é a menor unidade mapeada, esta delinear a escala a ser utilizada.

Outros usuários de dados do mapeamento, como a telefonia, requerem escala menor que 1:2500, sendo de seu maior interesse o conjunto de atributos não-gráficos. A exatidão que demandam as suas tarefas básicas pode ser bastante satisfeita em escalas menores (GIMS, 1990). Assim, a escala bastante variada irá depender do uso de cada instituição.

Acompanhando as questões de escala estão as preocupações quanto a exatidão posicional dos temas levantados. A exatidão dos dados é afetada pela fonte de dados e pelos processos utilizados na transformação destes dados.

Uma vez que tais questões tenham sido definidas para cada usuário, o GIMS

(1990) sugere que se elaborem duas matrizes, correlacionando classes de dados (e respectivas escalas) com usuários e classes de dados com produtos gerados. Estas matrizes apresentam de forma sintética informações do banco de dados multiuso, seus usuários e produtos que podem ser gerados.

Quadro 3.2 - Tipos de dados e seus usuários. Fonte: GIMS (1990)

TIPOS DE DADOS versus USUÁRIOS						
TIPOS DE DADOS	USUÁRIOS					
	impostos	segurança pública	planejamento	desenvolvimento	água e esgoto	escolas
parcelas	X		X	X	X	
rede viária	X	X	X	X	X	X
grade de controle	X		X	X	X	
zoneamento			X	X		
curvas de nível			X	X	X	
água e esgoto				X	X	

Quadro 3.3 - Tipos de dados e produtos que geram. Fonte: GIMS (1990)

TIPOS DE DADOS versus PRODUTOS										
TIPOS DE DADOS	PRODUTOS									
	situação de edifícios	grade de controle	bordas dos pavimentos	rede viária	solos	plano de controle de enchentes	terrenos úmidos	curvas de nível	zoneamento	monumentos de controle
mapa fiscal 1:5000	X	X		X						X
mapa 1:10000 para atendimento de emergências	X	X		X						
mapa de zoneamento 1:5000		X		X			X			
modelo de aptidão de uso do solo		X		X	X	X	X		X	
índice de controle geodésico		X		X					X	X

TIPOS DE DADOS	PRODUTOS									
	situação de edifícios	grade de controle	bordas dos pavimentos	rede viária	solos	plano de controle de enchentes	terrenos úmidos	curvas de nível	zoneamento	monumentos de controle
mapa 1:600 para projetos de engenharia	X	X	X	X		X		X		X

Capítulo 4

Sistemas de Informações Geográficas

Uma rápida análise dos dados coletados e utilizados por órgãos governamentais e empresas privadas, processados por meio de computadores, concluiria que na maioria das vezes estes relacionam-se com estatísticas demográficas, econômicas e geográficas. A maioria destas informações possui também uma dimensão geográfica, pois relacionam-se a uma localização específica, como um endereço ou região / área.

Estas informações têm sido processadas das mais diversas formas, entre elas a manipulação, gerenciamento e armazenamento através de bancos de dados, planilhas eletrônicas ou graficamente em sistemas de Mapeamento Assistido por Computador (CAD). Informações de dados econômicos atuais e tendências demográficas futuras podem ser geradas usando formatos padrões de relatórios, mas a melhor forma de demonstrar, apresentar e analisar a distribuição destes dados (principalmente a análise qualitativa/comparativa) é através de imagens. Quando os dados referem-se a uma localização geográfica, mapas podem apresentar-se como o melhor veículo para demonstrações das conclusões obtidas (*uma figura vale mais do que mil palavras*).

Atualmente, as mapotecas do passado estão cada vez mais rapidamente cedendo lugar a bancos de dados digitais, onde não apenas mapas são mantidos, mas também dados de todos os tipos a eles relacionados. O desenvolvimento da engenharia de software, produzindo programas de mais alto nível, disponíveis a todo tipo de usuário e exigindo cada vez menor conhecimento específico em informática, habilitam não apenas a visualização de um mapa qualquer na tela de um computador ou terminal gráfico, mas também a consulta de dados descritivos a ele relacionados.

Este cenário apresenta a paisagem que se está visualizando dentro da Tecnologia de Geoprocessamento, em função do que estão sendo desenvolvidos os

chamados Sistemas Geográficos de Informações. Este visam automatizar as funções de acesso aos dados geograficamente referenciados, tendo ainda habilidade de analisar com técnicas eficientes e adequadas os padrões de distribuição, as relações e as mudanças temporais e espaciais de um conjunto de variáveis geográficas observadas numa dada região, criando mapas temáticos representativos do comportamento destas variáveis, segundo critérios definidos pelo usuário. São, portanto, altamente especializados em análises espaciais.

4.1. Sistemas Automatizados Aplicados ao Mapeamento

A coleta e compilação dos dados e a publicação de um mapa impresso é uma atividade que demanda custos e tempo. Conseqüentemente, a extração de simples temas de um mapa de propósitos gerais pode ter custos proibitivos se o mapa tiver que ser redesenhado a mão. Não é importante que o mapeamento inicial tenha custos elevados, caso este mapa possa ser utilizado por um período de 20 anos ou por diversos usuários. Entretanto, a necessidade moderna de informações atualizadas em períodos de meses ou dias, torna este tipo de mapeamento convencional impraticável.

Para Burrough (1987), este foi o ponto de partida para que arquitetos, engenheiros e planejadores desenvolvessem ferramentas em microcomputadores, que permitissem a realização de mapas simples a partir de valores estatísticos, dispostos em grades. A seguir foram desenvolvidos programas que possibilitassem análise rápida e barata de dados. A automação na entrada, gerência e produção de informações leva a seguinte lista de razões para utilização de computadores na cartografia (Rhind *in* Burrough, 1987; Dangermond, 1990; Montgomery & Schuch, 1993):

- a) Fazer os mapas existentes com maior agilidade.
- b) Fazer os mapas existentes a um custo mais reduzido.
- c) Criar mapas para usos específicos dos usuários.
- d) Tornar possível a produção de mapas onde não há corpo especializado disponível.
- e) Permitir experimentos com diferentes representações gráficas dos mesmos dados.
- f) Facilitar o processo de confecção e atualização de mapas quando os dados já encontram-se na forma digital.
- g) Facilitar a análise de dados que demandam interação entre análises estatísticas e

mapeamento.

- h) Minimizar o uso de mapas impressos como forma de armazenar dados e assim, minimizar os efeitos de classificação e generalizações sobre a qualidade dos dados.
- i) Criar mapas cuja confecção é difícil com meios manuais: 3D, declividade, topografia.
- j) Criar mapas onde a seleção e generalização são claramente definidas e executadas com consistência.
- k) A introdução da automação pode levar a uma revisão de todo o processo de confecção cartográfica, o que também pode resultar em economias e melhoras.

4.1.1. CAM/CAD - Mapeamento Assistido por Computador

Os sistemas CAD (*Computer Aided Design*) foram os primeiros sistemas comerciais desenvolvidos com a finalidade de automatizar as tarefas convencionais de desenho e projeto nas áreas de engenharia, sendo bastante aceitos devido à flexibilidade que conferem ao trabalho.

Segundo Burrough (1987), até o final dos anos 70 realizaram-se investimentos consideráveis no desenvolvimento e aplicação da cartografia assistida por computador, particularmente na América do Norte pelo governo e agências privadas. No entanto, a introdução da Cartografia assistida por computador nem sempre levou imediatamente a uma direta economia como era de se esperar, pois a aquisição e desenvolvimento de novas ferramentas foi extremamente cara e havia pouco pessoal treinado.

Assim, durante os anos 60 e 70 existiam duas tendências principais na aplicação de métodos computacionais no mapeamento: uma era a automação das tarefas existentes, com ênfase na exatidão cartográfica e qualidade visual; a outra com ênfase na análise espacial mas ao custo de bons resultados gráficos.

Atualmente, segundo Montgomery & Schuch (1993), virtualmente todas as empresas de levantamento, engenharia e arquitetura dos EUA utilizam sistemas CAD de algum modo em seu processo produtivo. Muitos dos seus clientes requerem os produtos finais na forma digital, em função da facilidade com que mudanças podem ser realizadas e impressas.

O Mapeamento Assistido por Computador (CAM - *Computer Aided Mapping*) utiliza-se normalmente de tecnologia CADD (*Computer Aided Drawing and Drafting*) e nada mais é do que o processo que substitui a cartografia manual convencional.

Esta tecnologia organiza os dados em camadas (*layers*), cada uma representando um determinado tema. Assim, cada camada possui uma característica diversa: rede viária, rede de drenagem, uso do solo, textos, curvas de nível, sempre na forma de vetores.

Uma grande vantagem do CAM provém da maneira organizada como são armazenados os dados. O armazenamento e manipulação digital reduzem bastante os custos,

em comparação ao processo tradicional analógico, em virtude de possibilitar alterações, correções e impressões de maneira ágil e precisa, sem danificar o original.

Entretanto, o sistema CAM não é adequado para a análise de dados em mapas (Korte, 1992). Da figura 4.1, conclui-se que neste sistema as características de um mapa são associadas por temas, camadas e também referenciadas por um sistema de coordenadas comum. Não estão definidos, entretanto, outras relações avançadas entre os dados, ou seja, CAM descreve a geometria de duas rodovias que se cruzam, no entanto, o fato de sua intersecção existir não está identificado através de um nó, pois não é importante na confecção de um mapa impresso. Similarmente, um grupo de linhas que descreva uma área fechada (polígono) relacionam-se apenas por possuírem o mesmo *layer* e sistema de referência, não se detectando o fato de que incorporam uma área.

Finalmente, perguntas com vistas ao planejamento e gerenciamento de recursos, que envolvam análises de inter-relações espaciais, como:

- O que está mais próximo?
- Quantos elementos com esta característica temos dentro de determinada área?
- Que regiões possuem estas e mais estas outras características e qual a sua área total?

não podem ser respondidas por um sistema CAM, a menos que um processamento especial

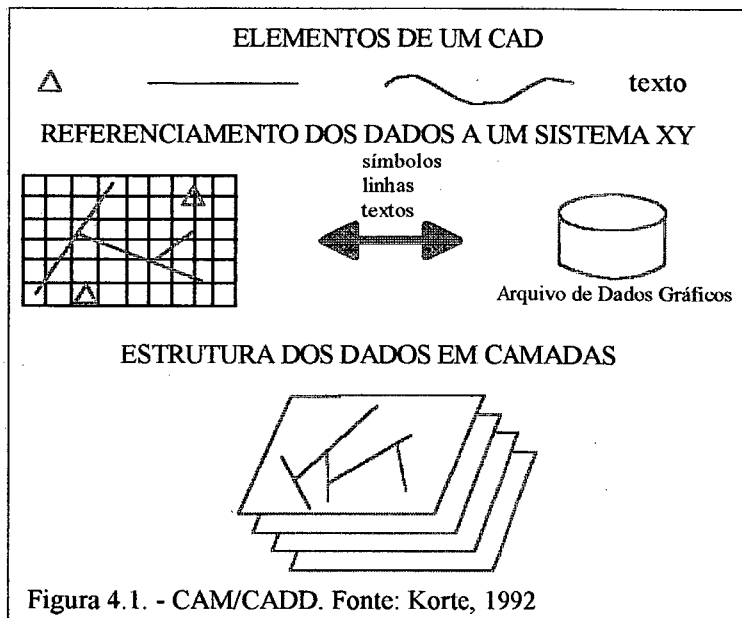


Figura 4.1. - CAM/CADD. Fonte: Korte, 1992

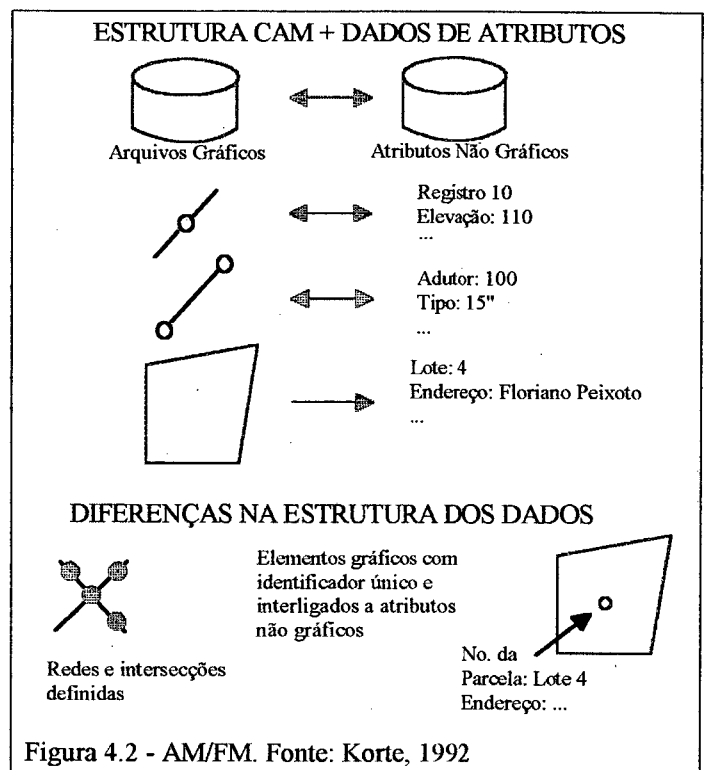
inspecionasse a existência do relacionamento espacial e posteriormente respondesse a questão. A lentidão do processo torna-o incômodo e de alto custo.

4.1.2. Sistemas AM/FM: Gerenciamento Gráfico de Sistemas Representados por Rede de Vetores

Os sistemas AM/FM (*Automated Mapping/Facilities Management*), desenvolvidos normalmente a partir de tradicionais projetistas dos sistemas CAD (Montgomery & Schuch, 1993), incorpora as vantagens do gerenciamento de um banco de dados (FM, *Facilities Management*) ao mapeamento automatizado (AM, *Automated Mapping*), ou seja, representam atributos na forma gráfica em termos de sua localização, que são descritos por um banco de dados não gráfico ligado de forma lógica ao atributo gráfico.

Segundo Montgomery & Schuch (1993) sistemas AM/FM realçam o componente de banco de dados (FM) como um passo muito importante antes de se construir o sistema. Ao contrário de sistemas CAD, AM/FM prevê o planejamento de um banco de dados de forma que este represente as informações do mundo real para as aplicações em que será implantado.

Este novo conjunto de informações (banco de dados não-gráfico) descreve as características não geométricas dos componentes de um sistema em rede (água, esgoto, luz) como: dimensões, nome do elemento, informações cadastrais, entre outras.



Similarmente a um sistema CAM, AM/FM faz uso de níveis para separar os dados por tema e tipo. O relacionamento entre os componentes gráficos são adicionalmente definidos na forma de redes. Como a ênfase deste sistema está voltada para o armazenamento, análise e emissão de relatórios de informações, a tecnologia AM/FM não incorpora recursos de apresentação gráfica tão precisos ou poderosos quanto o sistema

anterior, CAM (Korte, 1992).

Uma malha identifica quais componentes que de alguma forma (não espacial) estão conectados. Sistemas AM/FM não permitem que duas linhas se cruzem sem que, no cruzamento, registre-se uma intersecção. Estas relações de conectividade são armazenadas e preservadas em um arquivo de dados separado, que descreve o sistema e sua geometria.

Com estes dois atributos, uma estrutura de dados gráficos em rede e suas características descritivas, torna-se possível modelar e analisar as operações de um sistema que possa ser representado como rede. No item 4.2.4 apresentam-se as principais diferenças entre CAM, AM/FM e SIG, que descreve-se a seguir.

4.2. Sistemas de Informações Geográficas - SIG

A história do uso de computadores para mapeamento e análise espacial mostra, de acordo com Burrough (1987), que existiam desenvolvimentos paralelos na automação da captura, análise de dados e apresentação nos mais diversos campos: cadastro, mapeamento topográfico, cartografia temática, engenharia civil, geografia, estudos matemáticos das alterações espaciais, ciências dos solos, levantamento e fotogrametria, planejamento rural e urbano, redes de serviços públicos, sensoriamento remoto e análise digital de imagens. As aplicações militares encobriram, ou mesmo dominaram muitos destes campos monodisciplinares. Conseqüentemente, muita duplicação de esforços ocorreu, assim como multiplicação de jargões específicos ao tema para diferentes aplicações em diferentes lugares. Esta multiplicidade de esforços em campos separados inicialmente, mas muito próximos, agora resulta na possibilidade de entrelaçar muitos tipos de dados espaciais, processados integradamente dentro de um sistema de informações único.

Essencialmente, todas estas disciplinas atendem a mesma ordem de operações: desenvolver um poderoso conjunto de ferramentas para coleta, armazenamento, recuperação, transformação, análise e apresentação de dados espaciais de um mundo real para um conjunto particular de propósitos. Este conjunto de ferramentas constituem os SIGs. Dados geográficos descrevem o mundo em termos de:

- a) Sua posição com relação a um sistema conhecido de coordenadas;
- b) atributos que não estão relacionados à localização;

- c) interrelações espaciais entre estes dados, que descrevem como se interrelacionam e como o usuário pode navegar por entre eles.

4.2.1. Conceituação

Sistemas de Informações Geográficas (do inglês *Geographic Information Systems* - doravante SIG) é uma tecnologia que está revolucionando o modo como se manipulam e gerenciam informações geográficas. Fortemente calcado no desenvolvimento avançado da qualidade gráfica e velocidade de processamento de computadores, os SIGs permitem visualizar respostas estatísticas em mapas, diagramas, gráficos tridimensionais análises dinâmicas, revelando alterações no meio através dos tempos. Estas aplicações de computação gráfica ampliam o inter-relacionamento entre os dados coletados a campo e a tomada da decisão.

A origem de SIG é apontada por Tomlinson (1990) como sendo o Canadá, na década de 60. Segundo Wyngaarden (1992) SIG foi inicialmente desenvolvido como um aplicativo de mainframe, no Canadá, ao final dos anos 60, chamando-se Sistema de Informação Geográficas Canadenses (CGIS - *Canadian Geographic Information System*), que gerenciou o programa de mapeamento do inventário de terras daquele país. Montgomery & Schuch (1993) apontam o nascimento de tal tecnologia no final dos anos 60, com a implantação bem sucedida de um projeto de pesquisa na *Harvard University*, sendo então desenvolvido o SYMAP, que levou a criação do laboratório de computação gráfica daquela universidade. Entretanto, conforme afirmam os autores, não importa o local onde tenha sido desenvolvido o primeiro SIG, mas sim o fato de que foi criado ao encontro às necessidades de organizações que atuam em diferentes mercados, para a administração e uso de dados geograficamente referenciados.

A partir daí, diversas definições foram sendo propostas para conceituar os SIGs, dentre elas:

" SIG é o utilitário para preparação, apresentação e interpretação de fatos pertinentes à superfície da terra" (Tomlin *in* Wyngaarden, 1992).

" SIG é a configuração de hardware e software especificamente designados para a aquisição, manutenção e uso de dados cartográficos"(Tomlin *in* Wyngaarden, 1992).

Entretanto, para Wyngaarten (1992) estas definições não explicam ao usuário o que SIG faz realmente. Uma definição que pode ser melhor compreendida pelo usuário é a

seguinte:

" Sistema computacional incluindo hardware, software e gráficos para a entrada, armazenamento e recuperação; manipulação e análise; e saída de dados espaciais" (Dushnicky *in* Wyngaarden, 1992)

Meneses *in* Assad *et al* (1993) conceitua SIG como "sistemas destinados ao tratamento automatizado de dados georreferenciados".

O Manual do Software SPANS (1991) conceitua, SIG como tecnologia de rápido avanço, baseada em sistemas computacionais, onde a informação é organizada, visualizada, combinada, prevista, questionada e apresentada com referências à sua localização. Ressaltando os principais passos deste processo temos:

- a) Visualização - o acesso à informação é realizado de forma rápida, através de codificação, permitindo que se utilizem vários tipos de informação simultaneamente;
- b) Organização - ordenação dos dados espacialmente, de acordo com critérios lógicos;
- c) Combinação - inter-relacionamento de dados de diferentes fontes, tendo como base comum sua posição geográfica;
- d) Análise - interpretação e estudo dos dados e informações que foram gerados e coletados;
- e) Previsão - assim como é possível analisar informações espaciais em um SIG para extrair delas conhecimento, também pode-se através de relações previamente conhecidas prever ou modelar informações e acontecimentos futuros;
- f) Questionamento - um SIG também permite que se interroge mapas gerados, utilizando para isso um cursor direcionado através de "mouse".

Também Marble (1984) ao abordar aspectos gerais de um SIG e suas interações com outros campos das ciências, caracteriza SIG por constituir-se de 4 subsistemas distintos. Segundo o autor, para ser evidenciado como sistema de informações geográficas, o software deve desempenhar eficientemente todos os subsistemas:

- a) Subsistema de entrada de dados: o qual coleta e/ou processa dados espaciais provenientes de mapas já existentes, sensores remotos, etc;
- b) Subsistema de armazenamento e recuperação de dados: que organiza os dados espaciais de forma a permitir que sejam rapidamente recuperados pelo usuário para subsequente análise, assim como permite rápida e exata atualização e correção a serem feitas no banco de dados espacial;
- c) Subsistema de manipulação e análise de dados: que performa várias tarefas, como alterações nas formas dos dados a partir de regras e modelos informados pelo usuário, bem como a produção das informações de interesse à tomada de decisão;
- d) Subsistema de produção de relatórios de dados: capaz de apresentar os dados originais e recém elaborados, na forma impressa.

Câmara (1993) sintetiza o conceito de SIG a partir do enunciado de suas principais características:

- a) integrar as informações provenientes de diversas fontes numa única base de dados;
- b) combinar as diversas informações através de algoritmos de manipulação, visando gerar novas informações;
- c) consultar, recuperar, visualizar e desenhar o conteúdo da base de dados geocodificados.

Apesar de não estar explícito em todas as definições expostas, SIG deve ser considerado e entendido como um modelo da realidade, o que equivale a dizer que incorpora dados de gravações ou observações do que está contido no mundo real (Intera Tydac, 1991; Wyngaarden, 1992). Wyngaarden (1992) ressalta ainda que "o quão acurado é o modelo em reproduzir ou mesmo descrever as condições do mundo real é uma função de quão bom e/ou intensiva foi a captura de dados. Uma vez que o dado tenha sido capturado, o analista está apto a derivar informações". Em virtude destes dados serem acessados, transformados e manipulados interativamente em um SIG, faz com que sirvam de teste para o estudo de processos ambientais, ou para analisar resultados de tendências, ou antecipar o provável resultado de decisões planejadas.

Segundo Nystron *et al* (1985) SIG é um sistema computacional de hardware e software projetado para a coleta, gerenciamento, análise e visualização de dados espacialmente referenciados. A análise de periódicos especializados, bem como o número de obras completas publicadas sobre o assunto apresentam SIG como uma tecnologia emergente de ferramentas capazes de manipular dados espaciais para a solução de problemas complexos envolvendo planejamento de recursos materiais. Nos EUA, um dos principais utilitários e desenvolvedores tanto de bancos de dados para SIG como de sistemas de informação geográfica propriamente ditos, é o U.S.G.S. (*United States Geological Survey*), onde a introdução da filosofia SIG "tem o potencial de realçar amplamente a habilidade do U.S.G.S. em realizar suas tradicionais missões de coleta de dados, pesquisa e repasse de informações sobre a ciência da terra".

Pode-se constatar no campo da pesquisa e ciência, que a tecnologia de SIG na medida em que possibilita a interrelação e análise de diferentes e diversos níveis de informação simultaneamente, tem transmitido um novo entendimento científico dos problemas e processos relacionados ao meio ambiente.

4.2.2. Sistema de Informação da Terra - LIS

Bastante similar ao SIG, os Sistemas de Informações da Terra (*LIS - Land Information Systems*, como são mais conhecidos), também incluem em sua operação a aquisição e ajustamento de dados; processamento, armazenagem e manutenção e; recuperação, análise e disseminação de informações.

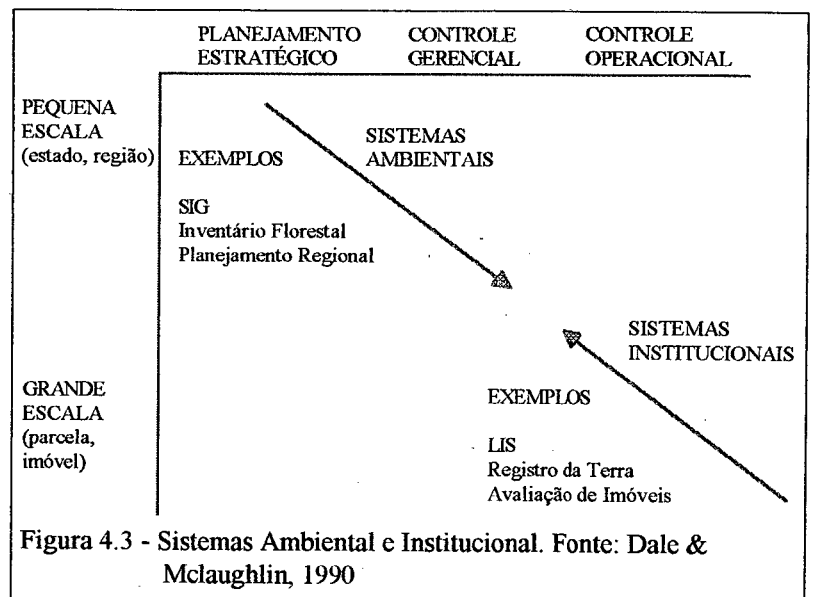
Também em um LIS, à semelhança do SIG, os dados podem ser não-gráficos ou gráficos, neste último caso sendo representados por pontos, linhas e polígonos. A forma espacial prevê três diferentes tipos de relacionamento entre as informações, que são: geométrico (referencial espacial), cartográfico (simbologia e generalização) e topologia (definição da interrelação espacial entre os elementos).

Segundo Dale & Mclaughlin (1990) a utilidade dos dados e do sistema dependem da atualização da base de dados, exatidão, abrangência e acessibilidade dos dados, bem como do usuário (e aplicação) a ser atendido.

Em um LIS a informação é organizada em torno da parcela cadastral, normalmente a propriedade (imóvel). A partir daí, o LIS pode ser operado mono ou multifuncionalmente, em várias esferas organizacionais (figura 4.3):

- nível estratégico: foco em objetivos organizacionais e recursos aplicados a nível de planejamento global do sistema;
- nível gerencial: concentra-se na otimização do uso dos recursos empregados e na obtenção dos objetivos propostos;
- operacional: visa eficácia e eficiência na realização de tarefas.

A figura 4.3 mostra também a diferença básica existente entre LIS e SIG, qual seja, a escala geográfica em que atuam. Ao LIS, com foco no imóvel, cabe atuação em grandes escalas, próprias do mapeamento cadastral imobiliário; o SIG procura esferas mais ligadas ao



planejamento estratégico e tático, a nível regional e elaboração de grandes inventários, em uma grande amplitude territorial, mas com escalas menores. Em geral, LIS é mais detalhado, completo e aberto ao escrutínio público.

O diagrama da figura 4.4, adaptado de Dale e Mclaughlin (1990), traz uma síntese dos principais sistemas de informação e suas áreas de atuação.

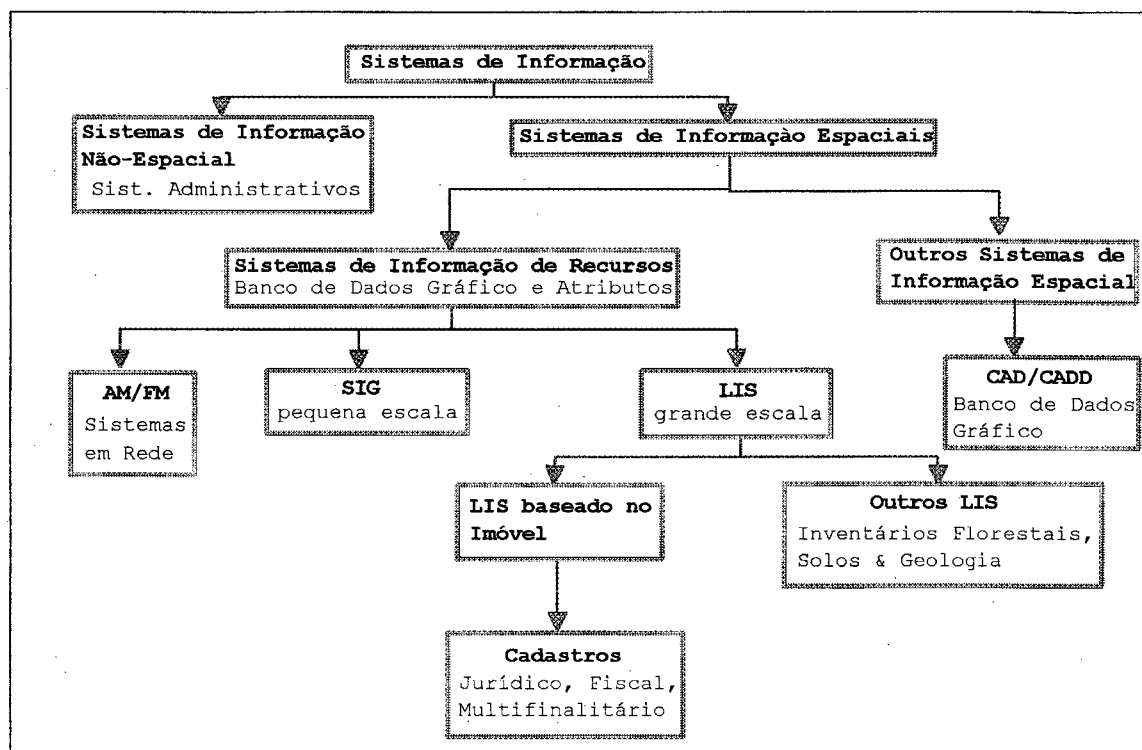


Figura 4.4 - Divisão dos sistemas de informação. Fonte Dale & Mclaughlin, 1990

4.2.3. Benefícios Potenciais ao Uso de SIG

A incorporação da tecnologia de automação computacional, bem como os preceitos do próprio SIG fazem com que se vislumbre uma série de benefícios potenciais advindos de seu uso nas mais diversas áreas (Tomlinson, 1990-b; Burrough, 1987; Dale & Mclaughlin, 1990; Intera Tydac, 1991; Montgomery & Schuch, 1993, Korte, 1992).

- os dados de mapas são melhores organizados e mantidos em base segura;
- informações redundantes e problemas advindos da manutenção de múltiplos conjuntos de dados são eliminados;
- as revisões de mapas são mais fáceis e rápidas;
- a mão-de-obra torna-se mais produtiva;
- dados de mapas são integrados através de toda organização. Banco de dados

- centralizado, permitindo uma fonte comum de pesquisa e armazenamento de dados;
- f) manutenção do banco de dados em tempo real;
 - g) velocidade no processamento de grandes volumes de dados;
 - h) habilidade na produção rápida de relatórios e estatísticas de real interesse ao usuário;
 - i) suporte a funções de engenharia e planejamento, usando informações disponíveis de planimetria, topografia, hidrografia, uso do solo e zoneamento fiscal;
 - j) atração de novos empreendimentos em função de um planejamento eficiente da locação de serviços de água, esgoto, transporte, recursos humanos, ...
 - k) melhora na qualidade dos planos elaborados para desenvolvimento, em função de uma melhor e mais ampla capacidade de análise;

4.2.4. Diferenças entre CAD, AM/FM e SIG

Segundo Korte (1992), a definição básica comumente aceita para SIG é "sistema computacional usado para capturar, armazenar, editar, visualizar e plotar dados geograficamente referenciados". Entretanto, esta definição torna-se vaga ao aplicar-se também a outros dois tipos de sistemas computadorizados, que também trabalham sobre uma base de dados georreferenciados: CAM (Mapeamento Assistido por Computador) e AM/FM (Mapeamento Automatizado/ Gerenciamento de Instalações). Observe-se também que Korte (1992) não inclui na definição acima o fato de que SIG desempenha função de análise espacial sobre os dados, que efetivamente o distingue dos dois outros sistemas.

O que foi visto até agora sobre as diferenças entre CAM, AM/FM e SIG demonstra que as aplicações de cada um são também distintas, cabendo um estudo estratégico de cada caso. Por exemplo (Korte, 1992):

- a) uma empresa especializada em serviços de aerolevantamento e produção de mapas cartográficos terá em seus laboratórios de restituição e edição aplicativos do tipo CAM;
- b) a característica de um cadastro disposto em função de uma representação gráfica vetorial (rede), como é o caso de companhias telefônicas, de energia e de águas e saneamento, mostra que o mais adequado em razão da eficácia e eficiência é a implantação de um sistema AM/FM;
- c) já organizações em que planeja-se a realização de análises espaciais, com questões tais que envolvam a pesquisa em mais de um campo de um ou mais bancos de dados, inter-relacionando seus conteúdos, como é o caso de empresas que gerenciam recursos do meio-ambiente (papel e celulose, cooperativas agrícolas), devem utilizar-se de softwares com ideologia de SIG.

Por outro lado, também é possível que apenas uma companhia (principalmente

se esta for organização governamental ou instituição privada de grande porte) utilize em seu planejamento e execução de operações todos os três tipos de aplicativos. É o caso de um Departamento de Transportes ou Secretaria de Planejamento Urbano. O quadro a seguir sintetiza as diferenças e aplicações destes sistemas (Cowen, 1991; Burrough, 1987; Korte, 1992; Montgomery & Schuch, 1993).

Quadro 4.1 - Diferenças e aplicações de sistemas computacionais ao mapeamento

	CAM	AM/FM	SIG
Pontos de semelhança	Todos são conceituados como sistemas computacionais utilizados para capturar, guardar, editar, apresentar e plotar dados geograficamente localizados		
Pontos de diferenciação	<ul style="list-style-type: none"> - substitui a cartografia convencional, organizando as informações em planos. Não define o relacionamento entre elementos e, portanto, não viabiliza a análise de informações. - preparação intensiva dos dados capturados não é necessária. 	<ul style="list-style-type: none"> - menos preciso que o anterior, também organiza os temas em planos. A ênfase está no armazenamento, análise e relatórios. Define as relações entre elementos na forma de rede, enlaçando dados gráficos e não gráficos. Não realiza análises espaciais. 	<ul style="list-style-type: none"> - possui grande capacidade de análise de informações espaciais, fundamentado em sistema de topologia, que descreve a inter-relação entre diversas características dispostas (áreas, linhas e pontos). Possibilita a localização cartográfica ou geográfica de elementos de interesse ao usuário; - grande diversidade de dados de entrada
Usos exclusivos	<ul style="list-style-type: none"> - armazenamento e recuperação de informações gráficas; - impressão de gráficos. 	<ul style="list-style-type: none"> - mapeamento em prestadoras de serviços públicos; - sistemas de informação da terra. 	<ul style="list-style-type: none"> - organizações que necessitem conduzir análises de dados espaciais
Uso comum	departamentos de entidades públicas que gerenciam simultaneamente informações dispostas em elementos lineares e de área		

SIGs diferem de sistemas CAD porque estes últimos preocupam-se amplamente com a apresentação e manipulação do material visível, não dando muita atenção àqueles atributos não-gráficos que muitas vezes são úteis à análise espacial (Burrough, 1987). As principais diferenças entre estes sistemas são o maior volume e diversidade de dados de entrada no SIG e a natureza especializada dos métodos de análise utilizados. Estas diferenças podem ser tão grandes que um sistema de CAD eficiente pode ser inviável para um SIG e vice-versa (Korte, 1992).

4.2.5. Os Componentes Fundamentais de um SIG

SIGs têm três importantes componentes: hardware computacional, módulos de software aplicativos e um contexto organizacional adequado; além da informação,

propriamente dita, descrita neste trabalho nos capítulos 2 e 3.

a) Hardware

Existem inúmeras distintas configurações de hardware possíveis para um SIG, de acordo com o tipo e objetivos do usuário, sendo que a sistematização do processo de dimensionamento de hardware e software está bastante calcada na experiência do analista, conhecimento do ramo em que atua o usuário e o histórico de crescimento de seu volume de informações, condições locais, características dos dados, entre outros. Isto se deve ao fato da falta de processos sistemáticos claros e bem definidos (Torres, 1989).

A respeito do assunto, Congalton & Green (1992) afirmam que SIGs são atualmente operacionalizáveis em quase todos os ambientes de trabalho, sendo que o hardware pode variar desde microcomputadores até mainframes. O tamanho da base computacional, segundo os autores, é principalmente função da velocidade, espaço disponível em disco, memória RAM, número e tipo de usuário, tipos de periféricos de entrada/saída e custo. É necessário pensar-se a solução de hardware em função da unidade central de processamento não esquecendo-se da necessidade de periféricos compatíveis, que em geral também demandam volume expressivo de recursos financeiros.

Ao analisar a questão do dimensionamento de hardware, Torres (1989) afirma a inexistência de método que possa ser aplicado de forma objetiva, sendo poucos os textos que tratam sobre o assunto.

Pesquisas realizadas junto a fornecedores de equipamentos, mostram que estes condicionam a análise ao estudo de cada caso específico, ficando mesmo a metodologia e técnicas guardadas em sigilo. Entretanto, alguns critérios comuns podem ser enumerados (Torres, 1989):

- a) análise dos volumes atuais de dados e daqueles projetados;
- b) disponibilidade de equipamentos similares na região e assistência técnica;
- c) possibilidade de continuidade/expansão futura do sistema, dentro da mesma linha de equipamentos;
- d) algumas vezes existem imposições de um sistema mais amplo, já estabelecido na matriz.

A implantação de um sistema de hardware requer que o analista fixe suas decisões levando em conta um número determinado de critérios, que devem ser

representativos e decisivos na satisfação das necessidades do usuário. Neste sentido, Torres (1989) propõe que se analise:

- a) capacidade de memória central: deve ser feita em função do sistema operacional utilizado e dos softwares projetados para rodarem na máquina;
- b) velocidade de processamento: deve levar em conta além da CPU, também a habilidade do Sistema Operacional em gerenciar todo o sistema, bem como as velocidades individuais dos demais periféricos (disco rígido, discos flexíveis, etc);
- c) capacidade de armazenamento em disco: função da atividade a ser realizada e do volume de dados;
- d) unidades de fitas magnéticas: relaciona-se à possibilidade de confecção de backups;
- e) impressoras/plotters: dependem do volume a ser processado e da qualidade do material final;
- f) análise e melhoria de desempenho do sistema: é imprescindível que um processo de feedback seja instalado para proporcionar a racionalização no uso dos recursos instalados. Grandes ganhos no processamento podem ser obtidos nesta fase com a troca ou aquisição de dispositivos de baixo custo e impactos significativos na performance; reorganização dos dados armazenados em discos; aumento da densidade de gravação, remanejamento de dispositivos, entre outros.

A melhor alternativa a adotar terá íntima ligação com a política presente e, principalmente, futura da instituição. Além disso, critérios como a disponibilidade de recursos financeiros, nível técnico do usuário, perspectiva de crescimento do volume de informações, necessidade de agilidade e flexibilidade, entre outros, podem ser fatores decisivos na escolha da solução a adotar.

Para Burrough (1987) os componentes gerais de hardware de um SIG são:

- a) A CPU - (unidade central de processamento), está unida a uma unidade periférica de armazenamento, que possui espaço para armazenar dados e programas;
- b) Um digitalizador ou outro periférico (scanners), converte dados de mapas e documentos para a forma digital e os remete ao computador;
- c) Um plotter ou impressora são utilizados para mostrarem os resultados do processamento de dados e uma unidade de fita é utilizada para armazenar dados ou programas em mídia magnética, ou para comunicação com outros sistemas;
- d) Intercomunicação entre computadores também pode existir com a implantação de uma rede em linhas especiais de transmissão de dados ou através de modems;
- e) O usuário controla o computador e seus periféricos através de uma unidade de visualização (VDU), também conhecida por terminal.

b) Software

O software é o elemento que integra os atributos às características geográficas (pontos, linhas, áreas e topologia). Congalton & Green (1992) apontam 6 importantes fatores a serem considerados na avaliação de um software gerenciador de SIG: entrada de dados e funções de edição; funções de análise; flexibilidade; risco; custo; sistema de gerenciamento de bancos de dados:

- i) **Entrada de dados e edição:** recuperação e pesquisa ágeis de dados e ainda uma interface com o usuário que o encorage a utilizar as tarefas de entrada de dados e edição mais difíceis;
- ii) **Funções de análise:** ferramentas de análise cartográficas, como sobreposição de polígonos, geração de buffers, medidas lineares e de áreas e produção de novos mapas. Além disto, um software de SIG deve ser capaz de executar funções e modelagem e simulações;
- iii) **Flexibilidade:** habilidade do software em relacionar-se com diferentes sistemas computacionais e linguagens de programação de alto nível;
- iv) **Risco:** depende de tempo e tipo de experiência do usuário com SIG, número de usuários, satisfação do cliente, treinamento, entre outros;
- v) **Custo:** o custo é uma das principais preocupações. Apesar do decréscimo de custos nos últimos anos, o investimento envolvido na implantação e gerência de um SIG complexo ainda é elevado;
- vi) **Sistema de Gerenciamento de Dados:** normalmente hierárquico (mais comum) ou relacional (mais poderoso).

Burrough (1987), ao tratar da importância do software na formação do SIG, descreve em cinco os principais módulos para um SIG: entrada de dados e verificação; armazenamento de dados e manipulação do banco de dados; saída de dados e apresentação; transformação de dados e interação com o usuário. No item "Estrutura de um SIG" (4.2.6) descreve-se com maiores detalhes cada um destes elementos.

Quanto à integração com o usuário, o projetista de um SIG deve esperar que o usuário deseje formular uma quantidade quase ilimitada de questões que para serem respondidas requerem o uso de certas combinações de dados recuperados e opções de transformações. Apesar da gama de questões ser ilimitada, existem muitos tipos de questões amplas que necessitam ser fornecidas. Algumas destas questões genéricas são (Burrough, 1987):

- a) onde está o objeto A?
- b) onde está A em relação a B?

- c) quantas ocorrências do tipo A existem a uma distância D de B?
- d) qual é o valor da função Z na posição X?
- e) quão grande é B (área, perímetro)?
- f) qual o resultado de interseção de vários tipos de dados espaciais?
- g) qual o caminho de menor custo, resistência ou distância entre X e Y?
- h) o que existe nos pontos X e Y?
- i) quais objetos estão próximos aos objetos que satisfazem combinações específicas de atributos?
- j) reclassifique objetos de acordo com pré-determinadas combinações de atributos.
- k) usando o banco de dados digital como modelo da realidade, simule o efeito do processo P no tempo T para um dado cenário S.

Muitas destas questões genéricas são difíceis de responder usando métodos convencionais e algumas são ainda difíceis e demandam tempo usando métodos computacionais. Há um perigo real, entretanto, quando da utilização dos poderosos SIGs, que o usuário inconscientemente crie ou propague erros desvalorizando o trabalho.

c) Aspectos Organizacionais do SIG: Peopleware e Inércia

Componente essencial dos SIGs são os recursos humanos encarregados de operacionalizar hardware e software. Em termos de investimento, o treinamento e capacitação de pessoal apto a realizar um SIG requer um fluxo contínuo de verbas, cujo montante não pode ser desprezado ao analisar-se o financiamento global do sistema. Congalton & Green (1992) e Burrough (1987) apontam que sem um grupo de indivíduos treinados e um adequado staff, o investimento de centenas de milhares de dólares pode ser todo desperdiçado. Recursos humanos são o principal recurso na formação e operacionalização de um SIG (Congalton & Green, 1992).

Os SIG necessitam serem alocados em um contexto organizacional adequado para que sejam utilizados eficientemente. É simplesmente insuficiente uma organização comprar um computador e software e admitir ou retrainar um ou dois entusiásticos indivíduos e então esperar sucesso instantâneo. Assim como em todas as organizações que lidam com produtos complexos, como uma indústria de manufaturas, novas ferramentas podem apenas serem usadas eficientemente se foram propriamente integradas a todo o processo de produção e não introduzidas como um elemento a mais, fruto de improvisações. Para que isto seja feito com propriedade, requer-se que não apenas investimentos necessários

em hardware e software sejam efetuados, mas também no treinamento de indivíduos e gerentes ao uso da nova tecnologia no contexto organizacional próprio. Nos anos 70, o alto preço de muitos sistemas comerciais vendidos para o processamento de informações geográficas fez os gerentes acautelarem-se em fazer investimentos elevados na nova tecnologia ainda não testada. Em anos recentes os preços em queda de hardware encorajaram a automação, mas pessoal com conhecimento adequado e bons softwares a preços razoáveis continuam escassos.

Ao discorrer a respeito de questões organizacionais no desenvolvimento de SIG para o Exército norte-americano, Peuquet & Bacastow (1991) apresentam a inércia social à introdução de nova tecnologia como elemento de capital relevância, tendo frustrado e atrasado o processo de planejamento, desenvolvimento e implantação de SIG em grandes companhias. Segundo os autores, a falta de habilidade das organizações em lidar com mudanças exigidas para a implantação e efetivação de sistemas que tragam maior eficiência no fluxo de informações de um determinado processo é um cenário comum não apenas em instituições públicas, mas também em organismos da iniciativa privada.

Peuquet & Bacastow (1991) reconhecem a potencial mudança causada pela introdução de sistemas informatizados, bem como a resistência a esta automação em função do seu efeito desestabilizador na distribuição de poder da organização. A inércia social têm, segundo os autores, duas principais fontes:

- a) inércia institucional - O processo de tomada de decisão em uma instituição de grande porte consiste de processo político, complexo e pluralístico, residindo sobre um balanço de necessidades e influências entre os departamentos. As mudanças ocorridas pela introdução de sistemas informatizados, redirecionando os fluxos de informação, provoca profundo abalo nas relações de poder e propriedade, sendo encarado como ameaça;
- b) inércia do indivíduo - A ameaça da redistribuição do poder em função da introdução de novo estilo de gerência de informações também é sentida a nível de indivíduo. Além disso, o indivíduo ao longo dos anos de permanência na empresa adaptou o trabalho que realiza ao seu estilo e percepção pessoais e a introdução de novos dogmas instabiliza seu atual estado de inércia.

Atualmente, as questões organizacionais são mais importantes que as técnicas no desenvolvimento e implementação de SIG, devendo haver entre os diversos departamentos e indivíduos que os integram um consenso sobre a necessidade de se introduzir tal tecnologia, bem como um forte envolvimento de todos, exigindo-se ainda

comum acordo sobre as significativas mudanças geradas.

4.2.6. Estrutura de um SIG

Basicamente, SIG pode ser visto como um sistema simples de entrada e saída de dados, como mostra a figura a seguir:

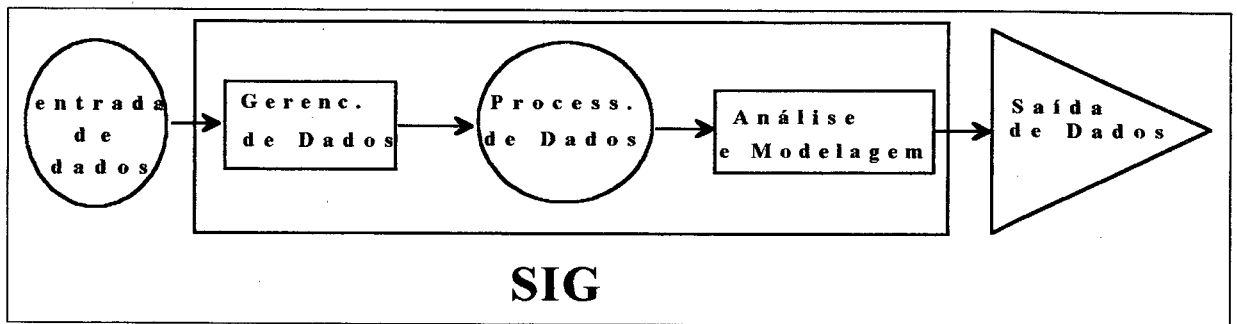


Figura 4.5 - Esquema básico de funcionamento de um SIG. Fonte: Intera Tydac Technologies Inc., 1991

Apesar de ser bastante simplificado, o modelo acima apresenta de maneira eficiente e representativa o funcionamento de um SIG. Por este motivo, adota-se este modelo básico para uma breve descrição do funcionamento destes sistemas.

a) Entrada de Dados e Verificação

Os dados utilizados pelo SIG provém de diversas fontes, são de diferentes tipos e, portanto, devem ser armazenados de forma distinta. O SIG deverá providenciar ferramentas e métodos que possibilitem a integração de dados, de forma tal que seja possível interrelacioná-los eficientemente.

Câmara (1993) enuncia a existência de "quatro modos principais de entrada de dados que são a digitalização em mesa, digitalização ótica, entrada de dados via caderneta de campo e leitura de dados na forma digital. Neste último caso, está incluída a importação de dados em outros formatos". O mesmo autor cita que os dados tratados em SIG incluem "imagens de satélite, modelos digitais de terreno, mapas temáticos, redes e dados tabulares".

Entrada de dados e verificação, segundo Burrough (1987), cobre todos os aspectos de transformação dos dados capturados na forma de mapas existentes, observações de campo e sensores dentro de uma forma digital compatível.

b) Gerenciamento de Dados

Preocupa-se com a maneira pela qual os dados são estruturados e organizados

quanto à posição, topologia e atributos, bem como, de que forma devem ser manipulados e como devem ser percebidos pelo usuário do sistema. Os DBMS (*Database Management Systems*) são programas de computador utilizados para organizar e manipular o banco de dados.

Com a coleta e integração de dados, o sistema deverá providenciar mecanismos que contenham e mantenham os dados. Os principais aspectos do gerenciamento de dados, segundo Intera Tydac (1991), são: segurança aos dados; garantia da integridade dos dados; acessibilidade a quaisquer usuários, mesmo que desconheçam o sistema e; ferramentas adequadas à manutenção de informações.

c) Processamento dos Dados

Consiste das operações realizadas sobre os dados, a fim de que sejam produzidas as informações que, posteriormente, servirão de subsídio à tomada de decisão. Portanto, o processamento de dados não é um fim em si mesmo, devendo transformar os dados de forma que transmitam novas informações ao usuário, ajudando-o a planejar e tomar decisões.

Em um SIG é possível integrar um banco de dados contendo informações numéricas ou alfanuméricas, provenientes de cadernetas de campo ou outro banco de dados secundário. Estas informações podem ser graficalizadas, melhorando sua visualização e o controle sobre sua fidelidade.

d) Análise de Dados

Além da integração, conversão e processamento de dados, um SIG deverá estar apto a analisar quantitativa e qualitativamente os dados de entrada e os resultantes do processamento.

Segundo o Intera Tydac (1991), a capacidade de analisar compreende "a interpretação e o estudo do dado e informação que foi coletada. Com um SIG as relações entre diferentes dados espaciais e as características a eles associadas podem ser mensuradas e compreendidas".

Para Goodchild *in* Lanter (1990), a análise espacial é a habilidade que os SIGs desfrutam de criar novas entidades, resultantes de códigos programados para apresentar explicitamente características provenientes de relações espaciais implícitas entre os dados

armazenados em um banco de dados de um SIG. Para Burrough (1986), esta habilidade única de manipular dados espaciais diferencia SIG de outras tecnologias de processamento de dados espaciais.

e) Modelagem

Assim como é possível analisar informações espaciais, para delas se retirar soluções, também é possível utilizar interrelações conhecidas para modelar geograficamente o resultado de uma determinada gama de condições. Essas inter-relações são expressas em um SIG na forma de algoritmo ou fórmulas matemáticas.

Burrough reúne os itens c), d) e e) em duas classes distintas de operações:

- a) as necessárias para remoção de erros dos dados, para atualizá-los ou para confrontá-los com outros conjuntos de dados;
- b) a ampla variedade de métodos de análise que podem ser aplicados aos dados, a fim de achar as respostas às questões formuladas ao SIG. A transformação pode operar sobre aspectos espaciais ou não dos dados, separadamente ou combinado-os. Muitos destas transformações, tal como aquelas associadas a mudanças de escalas, adequação a novas projeções, recuperação lógica de dados e cálculos de áreas e perímetros, são de tal forma gerais que qualquer um pode esperar encontrá-los, de uma forma ou outra, em todos os tipos de SIG. Outros tipos de manipulações podem ser bastante específicos a cada aplicação, e sua incorporação a um SIG em particular deve ser apenas para satisfazer os usos de usuários específicos daquele sistema.

f) Saída de Dados

O fato de utilizar tecnologia digital, em computador, permite aos SIGs uma ampla variedade de saídas de informações, como por exemplo, na tela, plotagem, impressão, imagem fotográfica ou mesmo arquivo computacional.

A comunicação visual é um dos mais importantes aspectos dos SIGs, a qual é realçada pela ampla gama de saídas possíveis de informações geradas ou analisadas.

g) Outras Estruturas de SIG

A estrutura de um SIG também pode ser construída em função dos usuários de um Cadastro Técnico Multifinalitário. Esta estrutura (figura 4.6), entretanto, só é viável quando "se dispõe de um Hardware e Software computacional compatíveis com tanta informação". (Loch, 1991). Esta estrutura, mais abrangente, apresenta SIG em função das

várias entradas de dados, do processamento em software, tipos de saídas e usuários potenciais.

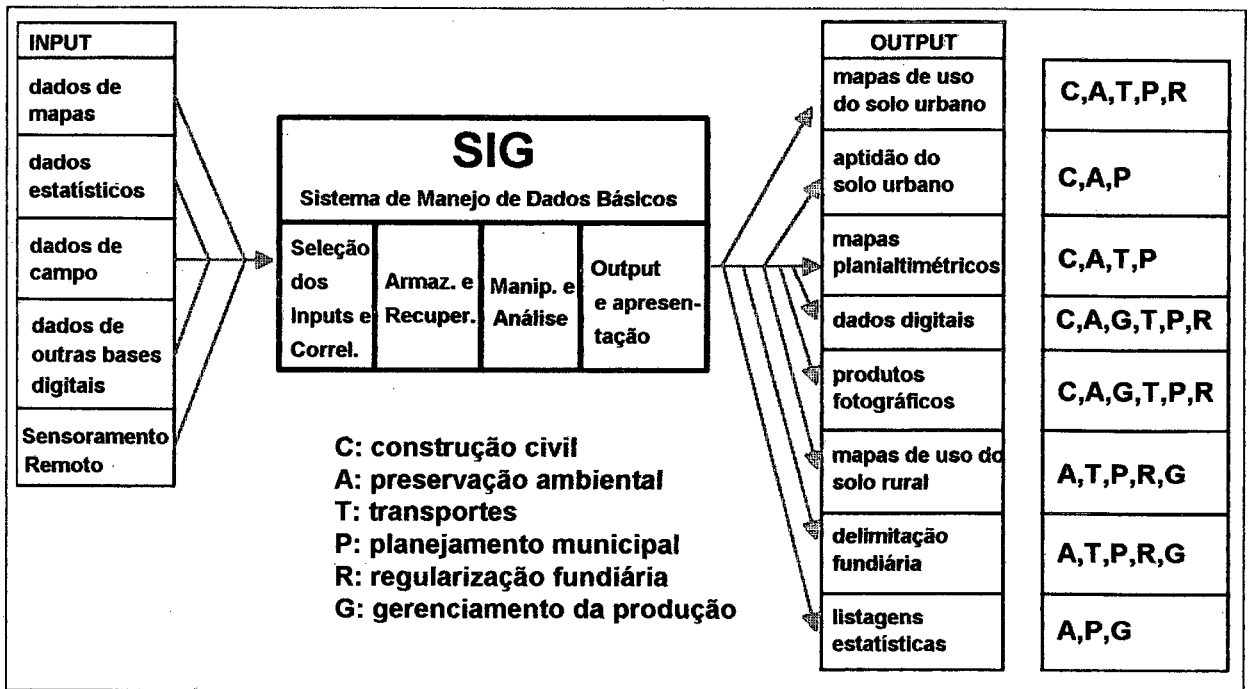


Figura 4.6 - Estrutura de um SIG. Fonte: Loch (1991)

Em 1991 iniciou-se um programa de transferência tecnológica entre Brasil e Canadá, com objetivo principal de introduzir tecnologias de Sensoriamento Remoto e SIG em nosso país (Mah & Kirchner, 1993). O Programa apresentou a seguinte estrutura de hardware, software e dados (figura 4.7):

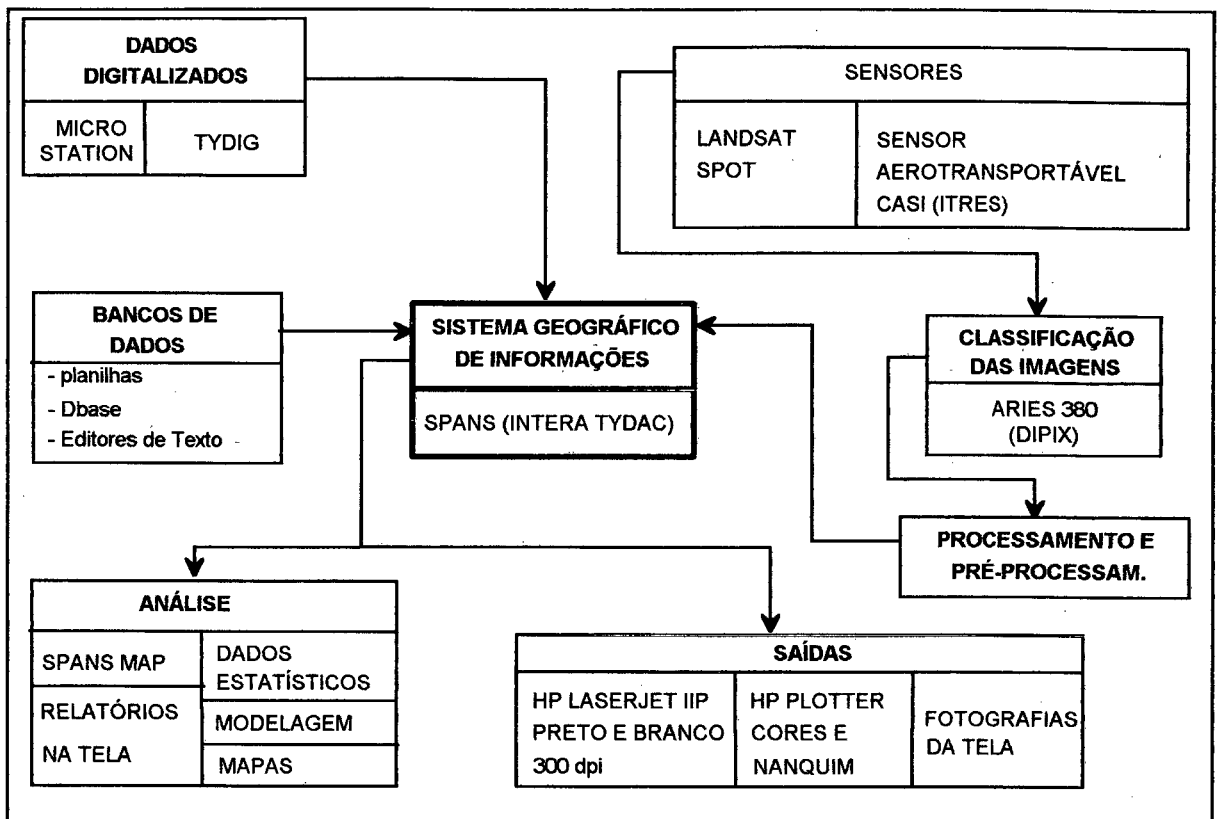


Figura 4.7 - Esquema do Programa de Transferência Tecnológica entre Brasil e Canadá.

Pode-se facilmente notar pelo esquema acima o caráter centralizador de informações e concentrador de poder do SIG, captando dados de diversas fontes, armazenando-os e gerenciando-os de forma a produzir informações de alto nível para o processo de tomada de decisão.

4.3. Representação Gráfica em SIG

4.3.1. A Estrutura da Representação de Dados Geográficos em SIG

Quando dados geográficos são introduzidos em um computador, o usuário sentir-se-á mais à vontade se o SIG aceitar estruturas de dados fenomenológicos que sempre estava acostumado a utilizar. Mas computadores não são organizados tal qual mentes humanas e devem ser programadas para representar apropriadamente estruturas fenomenológicas. Além do mais, o modo como são visualizados os dados geográficos pelo usuário não é freqüentemente a maneira mais eficiente de se estruturar um banco de dados computacional. Finalmente, os dados devem ser escritos e armazenados em periféricos

magnéticos, e necessitam ser endereçados de forma conveniente. Podemos representar estes quatro estágios como segue (Burrough, 1987):

A <----->	B <----->	C <----->	D
Percepção do usuário à estrutura do fenômeno	Representação SIG da estrutura do fenômeno	Estrutura do Banco de Dados	Estrutura do Hardware

4.3.1.1. Topologia: Pontos, Linhas e Polígonos

Segundo Korte (1992) os sistemas SIG combinam o mapeamento digital (CAM) e o processamento de imagens com gerenciamento de bancos de dados e análises estatística, apresentando-se como uma ferramenta poderosa que pode ser usada para analisar dados espaciais, ou seja, analisar informações com dimensão espacial.

A utilização do que se convencionou denominar *topologia*, pelo SIG, permite que dados sejam tratados além da simples descrição de localização e geometria a que limitava-se AM/FM. Agora descreve-se como os atributos lineares são conectados, como áreas são delimitadas e as relações de contiguidade entre estas áreas (Korte, 1992).

A estrutura topológica consiste de uma forma de organização de dados que descrevem as relações espaciais de adjacência e conectividade entre feições representativas de um ou mais temas. Com isso, cada feição mapeada passa a conter informações sobre seu relacionamento geográfico com outras feições. Estrutura topológica inclui o mapa de nodos, segmentos de linhas e polígonos (Teotia, 1993):

Todos os dados geográficos podem ser classificados em três conceitos topológicos básicos: o ponto (nó), a linha (arco) e a área (polígono). Todo fenômeno geográfico pode, em princípio, ser representado por um ponto, linha ou área, mais um rótulo que descreve do que se trata¹. Assim:

- a) **Nós (Pontos)** - representam os pontos de intersecção inicial e final dos arcos, cada qual sendo único, numerado e posicionado segundo um par de coordenadas X,Y; Entidades do tipo "Ponto" englobam todas as informações geográficas e gráficas que podem ser posicionadas por um simples par de coordenadas XY. Além das coordenadas XY, outros dados podem ser armazenados, indicando que tipo de *ponto* se está representando, bem como as demais informações constantes em um banco de dados sobre aquele ponto (p. ex., um ponto representando a sede de um município poderá conter todos os dados

¹ Um poço de óleo pode ser representado por uma entidade ponto, consistindo de um par de coordenadas XY e um rótulo Poço de Óleo; uma seção de uma rede férrea poderá ser representada por uma entidade linha, constituindo de um par de coordenadas (XY) para designar seu início, outro par indicando seu final e o rótulo linha férrea; um plano de cheia poderia ser representado por uma área, mais o rótulo Plano de Cheia (área de alagamento). Os rótulos podem ser nomes ou números que possuam sua referência em uma legenda

censitários daquele município). A figura 4.8 representa a possível estrutura de dados para entidades do tipo "Ponto":

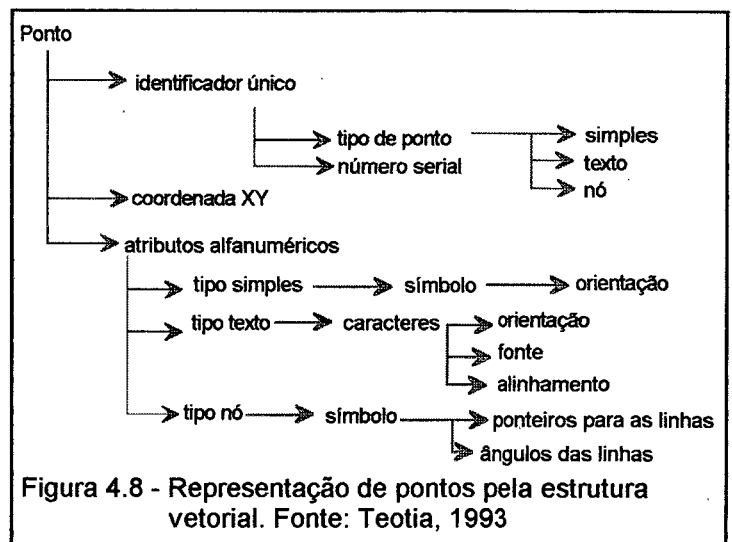
- b) *Arcos* - possuem também numeração única, sendo geometricamente descritos através de uma série de pares coordenados. Completando a definição de cada arco, estes são também codificados com o número de seu nó inicial e final (figura 4.10). *Redes* - em sua forma simplificada, linhas não possuem nenhuma característica de conectividade espacial, o que é fundamental quando trata-se de uma análise de rede de drenagem ou transporte, por exemplo. Para formar uma rede linear, computacionalmente interconectando linha a linha, é necessário que se construam ponteiros dentro da estrutura. A estrutura em ponteiro é normalmente construída com apoio de nós.
- c) *Áreas* - cada área é representada por um único centróide, que é um ponto locado dentro de seu perímetro, com par de coordenadas X,Y conhecido;

Complementando os dados espaciais e geométricos, um SIG também incorpora informações descritivas associadas aos elementos de topologia e provê descrição adicional sobre estes elementos. Estes atributos são colocados, normalmente, em um banco de dados em separado aos dados gráficos e, posteriormente, enlaçados formando um único tema. Este último procedimento permite que os sistemas apresentem estrutura aberta, que se economize espaço em mídia e também se agilize a resposta do sistema aos questionamentos do usuário.

Cabe ainda lembrar que SIG é estruturado de maneira a permitir o exame, pesquisa e modelagem de dados descritivos e gráficos simultaneamente, ou seja, um SIG pode responder a uma questão através de relatório ou plotando as respostas em um monitor⁽²⁾. Esta é uma capacidade que nem CAM, nem sistemas AM/FM podem prover normalmente, sem programação prévia.

O olho humano é altamente eficiente em reconhecer contornos (*shapes*) e formas, mas o

computador deve ser instruído exatamente sobre como os padrões devem ser manipulados e mostrados. Essencialmente, existem dois contrastantes, mas complementares caminhos de se representar dados espaciais no computador, aos quais Burrough (1987) refere-se como modo



² O usuário pode questionar, por exemplo, onde encontram-se os lotes a oeste de determinada coordenada, maiores do que um alqueire e classificados como de uso industrial.

explícito (RASTER) e implícito (VECTOR) de descrever entidades espaciais.

4.3.1.2. Modelo de Dados VECTOR

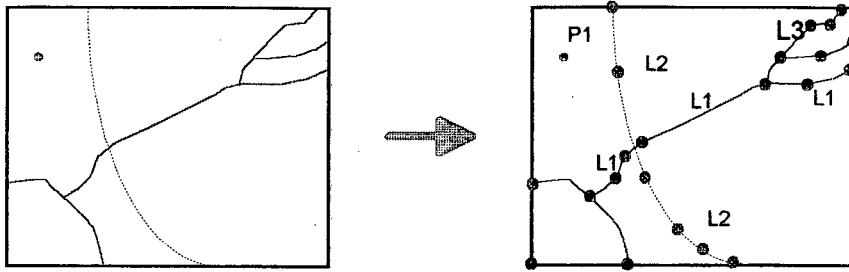
Fundamentado nos postulados da geometria Euclidiana e em coordenadas cartesianas, a representação implícita faz uso de um conjunto de linhas, definidas por pontos de início e fim destas linhas e alguma forma de conectividade. Os pontos de início e fim de linhas definem vetores que representam a forma do elemento; ponteiros entre as linhas indicam ao computador como estas linhas unem-se para formar tal elemento. A estrutura de dados é (Burrough, 1987):

atributo do elemento -----> conjunto de vetores -----> conectividade

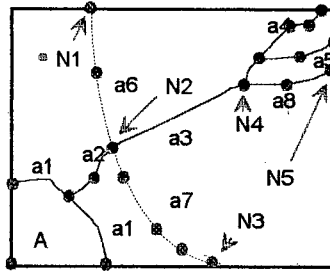
O modo mais comum de se representar dados espaciais tem sido o vetorial. A Cartografia baseou-se no uso de linhas para representar entidades como rodovias, e para definir bordas entre diferentes entidades espaciais, como terra e água. Levantamentos e técnicas de elaboração de mapas tem sua base em princípios de geometria e trigonometria, os quais empregam vetores. Nesta estrutura, linhas são infinitamente estreitas e não aumentam de largura quando uma área é eletronicamente ampliada.

Três formas principais de entidades geográficas são encontradas para o formato VECTOR de representação gráfica: pontos (semelhantes a células em RASTER), linhas e áreas. Formam um conjunto de coordenadas interconectadas, que podem ser relacionados a determinados atributos.

Em uma estrutura do tipo VECTOR, os dados são digitalizados através de uma interface gráfica interativa, sendo posteriormente transformados em informações numéricas (basicamente, coordenadas XY e atributos de topologia). Neste ambiente o espaço bidimensional é assumido como contínuo, permitindo representações muito precisas da localização, comprimentos, distâncias e áreas. Entretanto, Intera Tydac (1991) questiona esta precisão, pois apenas existe para específicas classes de dados, como aqueles provenientes de restituição aerofotogramétrica em grande escala. Uma exemplificação da estrutura de dados VECTOR é provida pela figura 4.9, onde os principais elementos de um mapa neste formato (pontos, linhas, e polígonos) são transformados ao formato digital através de digitalização. Relações espaciais, importantes para redes lineares e de polígonos, são explicitadas através do uso da representação topológica arco-nó.



POSIÇÃO DOS ELEMENTOS			
FEIÇÃO	NUM	ID	POSIÇÃO
PONTO	1	P1	X1,Y1
LINHA	4	L1	X1,Y1;X2,Y2;...
		L2	X1,Y1;X2,Y2;...
		L3	X1,Y1;X2,Y2;...
		L4	X1,Y1;X2,Y2;...
POLÍGONO	1	A1	X1,Y1;X2,Y2;...



MAPA DE TOPOLOGIA							
DADOS DE COORDENADAS DOS ARCOS				TOPOLOGIA DO POLÍGONO			
ARCO	INÍCIO	INTERMEDIÁRIO	FIM	POLÍGONO	ARCO		
a1	X,Y	X1,Y1;X2,Y2;...	Xn,Yn	A	a1		
a2	X,Y	X1,Y1;X2,Y2;...	Xn,Yn	TOPOLOGIA DOS NÓS NÓ ARCO N1 a7 N2 a8 N3 a2,a3,a4			
a3	X,Y	X1,Y1;X2,Y2;...	Xn,Yn				
						N1	a7
						N2	a8
				N3	a2,a3,a4		
TOPOLOGIA DOS ARCOS							
ARCO	NÓ ORIGEM	NÓ DESTINO	POLÍGONO ESQUERDO	POLÍGONO DIREITO			
a1	N6	EXTERNO	EXTERNO	A			
a2	N6	N7	0	0			
a3	N7	N8	0	0			

Figura 4.9 - Representação de pontos, nós, linhas, redes e polígonos segundo a filosofia VECTOR. Fonte: Intera Tydac, 1991

4.3.1.3. Representação RASTER

Ao trabalhar estruturas de representação gráfica em SIG, Burrough (1987) conceitua RASTER como uma matriz de células em grade (algumas vezes denominados pixels). A representação de cada célula (figura 4.10) é feita por par de coordenadas (localização de linha e coluna), mais um outro valor que representa a classe da característica que esta sendo processada (Teotia, 1993; Intera Tydac, 1991).

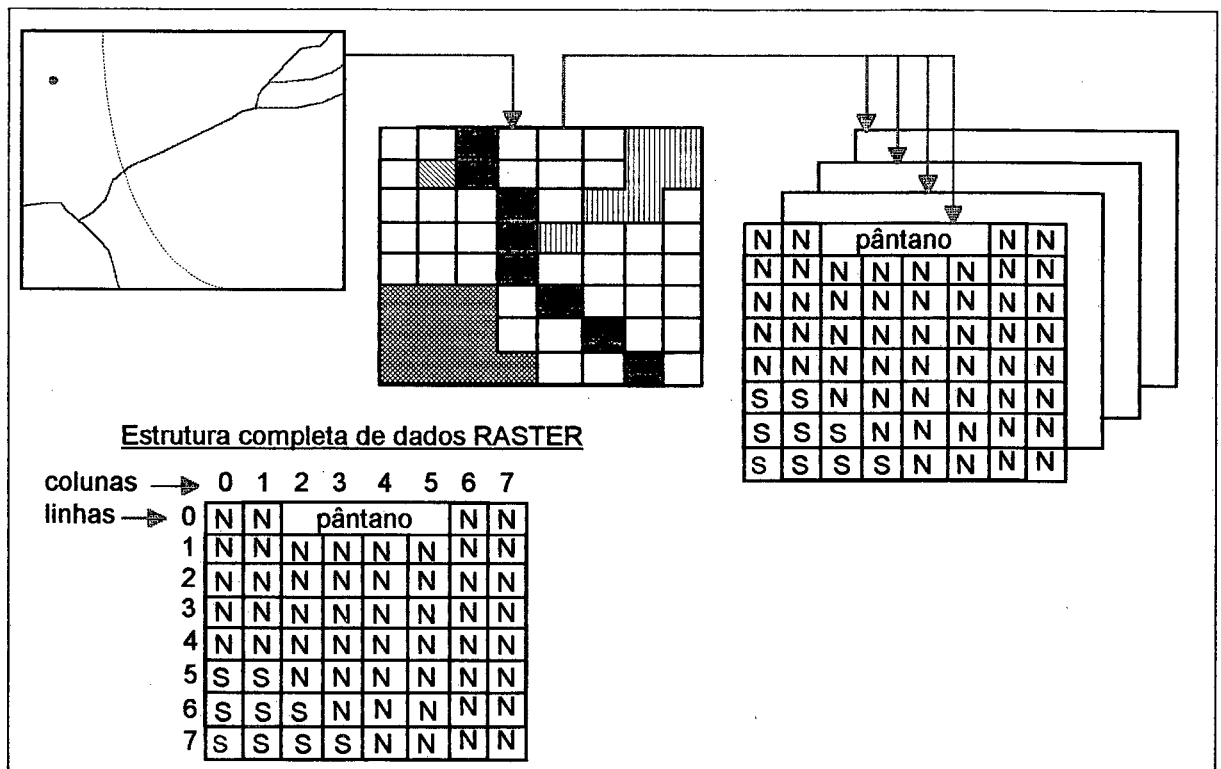


Figura 4.10 - Estrutura de representação RASTER. Fonte: Intera Tydac, 1991

Cada grade de células representa uma porção retangular da superfície terrestre. Na estrutura RASTER, pontos são representados por células, linhas por um conjunto de células adjacentes com determinada direção e áreas são aglomerados de células vizinhas com atributos de classe semelhantes.

O tratamento de dados RASTER é bastante mais fácil (Teotia, 1993) que o VECTOR em termos computacionais, pois linguagens como o FORTRAN manipulam com eficiência estruturas matriciais (Burrough, 1987).

Também vêm da estrutura RASTER o conceito de *overlay* (figura 4.11), pois o fato de poder representar apenas um atributo de topologia por vez faz com que modelos da realidade sejam armazenados na forma de um conjunto de matrizes cartesianas assim conhecido (i. é, *overlays*).

Ao contrário da representação vetorial (contínua), o modelo RASTER ao representar a superfície da terra em porções retangulares tem sua resolução e grau de precisão, dependentes das dimensões das células, menores unidades na estrutura em grade. Quanto menor o tamanho da grade, maior a precisão e também o volume de dados necessário para se representar uma determinada região.

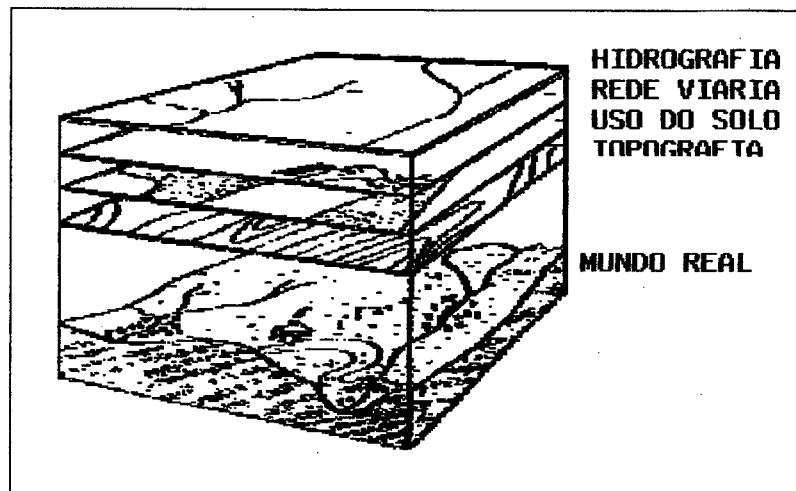


Figura 4.11 - Estrutura Overlay. Fonte: Burrough, 1987

a) *Quadtree: estrutura hierárquica de armazenamento de dados espaciais*

Em função da dificuldade em se armazenar dados provindos de estruturas RASTER, fruto do enorme volume de dados gerados, foram pesquisados novas estruturas derivadas de armazenamento, que de maneira eficaz proporcionassem a guarda de dados, melhorias na precisão de estruturas RASTER, sem contudo perder as vantagens da realização de análises espaciais nesta estrutura.

Segundo Intera Tydac (1991), Burrough (1987), Stuart (1990) o termo "Quadtree" é utilizado para descrever um grupo de estruturas de dados hierárquicos que indicam que um processo de (de)composição é aplicado para reduzir o volume de dados de um determinado nível temático. A técnica mais comum é chamada de "região quadtree", baseada no particionamento sucessivo de um nível do mapa em 4 quadrantes idênticos (figura 4.12). As camadas dos mapas são progressivamente subdivididos em quadrantes cada vez menores até que cada quadrante reflita apenas um tipo de cobertura.

Mitchell *in* Stuart (1990) constatou uma economia entre 50% e 70% proveniente do uso destas estruturas para armazenagem de dados RASTER. Entretanto, cabe lembrar que em imagens onde os valores de células adjacentes mudam constantemente (DTM

e declividade, por exemplo), a economia de espaço do quadtree reduz-se a próximo de zero (Waugh *in* Stuart, 1990).

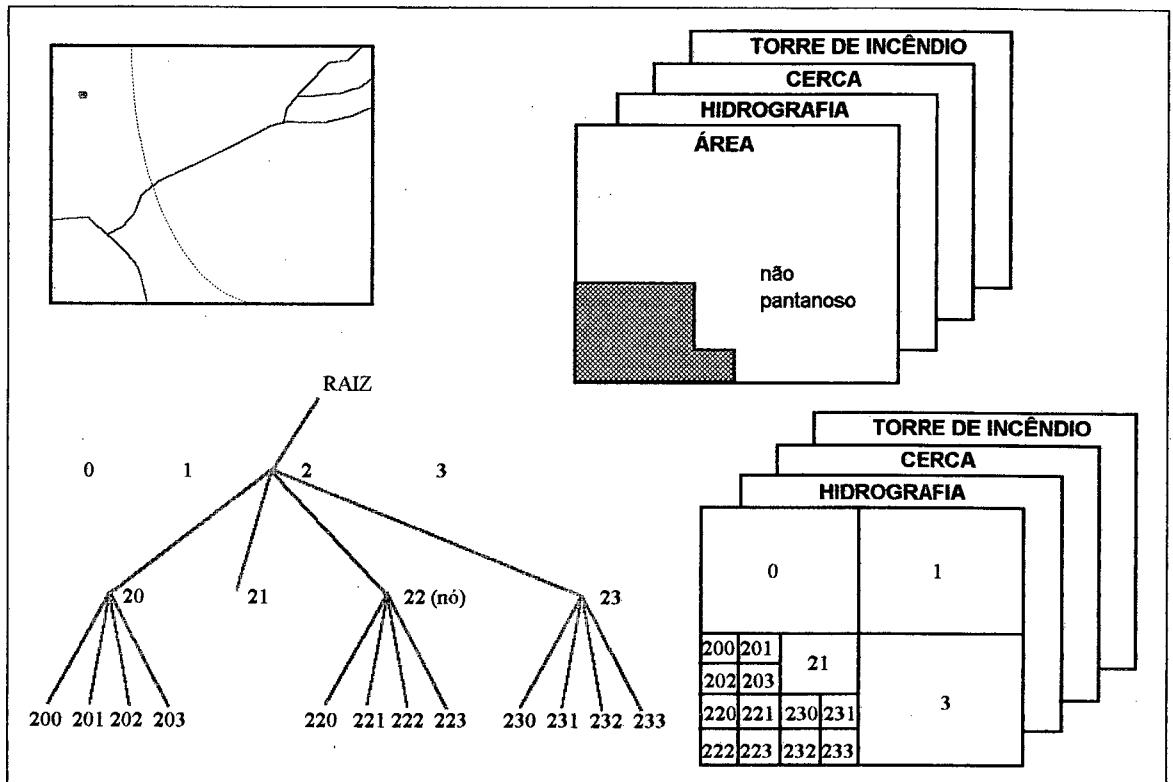


Figura 4.12 - Estrutura Quadtree. Fonte: Intera Tydac, 1991

4.3.1.4. Vantagens e Desvantagens RASTER e VECTOR

Burrough (1987) cita como diferenças entre representação "implícita e explícita" o fato de que a representação implícita requer menos números, implicando menor espaço de armazenamento magnético. Em segundo lugar, a representação VECTOR é esteticamente mais agradável do que a imagem RASTER. Terceiro, a informação de conectividade permite pesquisas espaciais diretas sobre o objeto de estudo. Por outro lado, se o contorno ou tamanho do elemento tivesse que ser mudado, isto poderia ser feito muito mais fácil e rapidamente na representação RASTER do que na VECTOR. Na representação RASTER, alterações envolvem remoção de certos valores e escrita em novos. Em representação vetorial, não apenas as coordenadas devem ser atualizadas, mas a conectividade deve ser também reconstruída.

A compilação do que cita Teotia (1993), Burrough (1987), Korte (1992) sobre as vantagens e desvantagens da utilização das duas formas de representação de dados resulta no quadro 4.2:

Quadro 4.2 - Vantagens e desvantagens das estruturas vector e raster/quadtree

	VECTOR	RASTER
VANTAGENS	<ul style="list-style-type: none"> - boa representação e estrutura de dados fenomenológicos; - estrutura de dados compacta; - topologia pode ser descrita com ligações de rede; - gráficos exatos ; - recuperação, atualização e generalização de gráficos e atributos. 	<ul style="list-style-type: none"> - estrutura de dados simples; - revestimento e combinação de dados mapeados com dados de satélite; - facilidade de execução de análises espaciais; - simulação facilitada, pois cada unidade tem o mesmo tamanho e forma; - tecnologia barata, sendo desenvolvida energeticamente.
DESVANTAGENS	<ul style="list-style-type: none"> - estrutura e dados complexos; - combinações de vários mapas vectoriais criam dificuldades; - simulação difícil em função das diferentes formas topológicas de cada unidade; - visualização pode ser cara, principalmente a de boa qualidade; - tecnologia mais cara, para mais sofisticados hardware e software; - análise espacial e filtragem nos polígonos é impossível. 	<ul style="list-style-type: none"> - grande volume de dados gráficos; - uso de grandes células para reduzir o volume de dados pode causar perda de informações; - mapas crus de sistemas RASTER são menos estéticos; - difíceis de se estabelecer ligações de redes; - transformações de projeções são demoradas.

Apesar de constituírem-se de estruturas bastante distintas de tratamento de dados gráficos, RASTER e VECTOR podem perfeitamente coexistir em um mesmo SIG. Isto tem sido demonstrado nos novos softwares, capazes de tratar informações provenientes de satélites e outros sensores com produto final RASTER, mas também executar análises e gerenciamento de dados com característica de redes lineares.

4.4. Estruturas de Bancos de Dados: Organização dos dados no computador

Ao contrário de outros tipos de dados manipulados costumeiramente por modernos sistemas de informações e bancos de dados (listas, estatísticas, cadastros, ...), dados geográficos são compilados pelo fato de que devem incluir informações sobre localização, possíveis informações topológicas e atributos dos objetos gravados. A topologia e aspectos espaciais é o que distingue sistemas projetados para mapeamento daqueles usados em sistemas bancários, pesquisa de bancos de dados, etc.

O mapa é provavelmente a forma mais comum de se representarem dados geográficos. Consiste de um grupo de pontos, linhas e áreas que são posicionadas com referencia a um sistema comum de coordenadas. A legenda faz a interligação de dados não-espaciais (atributos de localização, dimensões, etc) com dados espaciais (Aronof, 1990)

Os estudos geográficos têm utilizado conceitos fenomenológicos (como

cidade, rio, plano de cheia, associação de solos), como blocos de construção fundamentais à análise e síntese de informações complexas. Estes blocos de construção fenomenológicos são freqüentemente agrupados ou divididos em unidades de outras escalas de acordo com taxonomias definidas hierarquicamente, por exemplo, a hierarquia de país-estado-município-distrito, ou a hierarquia da maioria dos sistemas de classificação de solos ou animais (Burrough, 1987).

A característica essencial de qualquer sistema de armazenagem de dados é que deve estar apto a permitir que estas informações sejam acessadas e cruzadas com rapidez. Existem muitas maneiras de consegui-lo, algumas mais eficientes do que outras. Infelizmente não parece haver um melhor método que possa ser utilizado para todas as situações. Isto significa em parte o massivo investimento em trabalho e dinheiro em Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados (DBMS) eficientes, que são programas que controlam a entrada, saída, armazenagem, manipulação, ordenamento e recuperação de um sistema de Banco de Dados digital (Burrough, 1987; Aronof, 1990).

4.4.1. Arquivo e Acesso aos Dados

- a) **Listas Simples** - A forma mais simples de Banco de Dados é a lista simples de todos os itens. Cada novo item adicionado ao Banco de Dados é simplesmente colocado ao final do arquivo. É bastante fácil acrescentar-se dados a tais sistemas, mas a recuperação é bastante ineficiente em termos de tempo gasto para achar-se o registro;
- b) **Arquivos Seqüenciais Ordenados** - Palavras em um dicionário ou nomes em um catálogo telefônico são estruturados em ordem alfabética. A adição de um novo item, significa que um espaço extra deve ser criado para inseri-lo. Mas a vantagem é que registros armazenados desta forma podem ser alcançados muito mais rapidamente;
- c) **Arquivos Indexados** - Com arquivos indexados, o acesso aos dados originais pode ser acelerado de dois modos distintos. Se os itens nos arquivos por si só provêem a principal ordem do arquivo, então estes arquivos são conhecidos como diretos. A localização dos itens no arquivo principal podem também ser especificada de acordo com tópicos, os quais são fornecidos em um segundo arquivo, conhecido como arquivo invertido. Como em um livro, o exame do índice (sumário) pode determinar os itens (páginas) que satisfazem a pesquisa solicitada. No arquivo direto, o registro de cada item contém informação suficiente para que a pesquisa pule sobre itens desnecessários. O uso do índice de arquivo invertido requer, em primeiro lugar, que este seja construído pela realização de uma pesquisa seqüencial inicial nos dados de cada tópico. Os resultados são então reunidos no arquivo invertido ou índice, que possui a chave para o acesso futuro de dados.

4.4.2. Modelos Clássicos de Dados

Aronof (1990) define modelos de dados como a organização conceitual de um banco de dados. Podem ser discriminados três diferentes tipos de bancos de dados (Burrough, 1987; Aronof, 1990; Torres, 1989):

a) Estrutura Hierárquica dos Dados:

Quando um dado possui uma relação com muitos outros, como uma série de solos em uma família de solos, ou pixeis em uma região, métodos hierárquicos possuem rápidos e convenientes processos de acesso aos dados. Sistemas hierárquicos de organização de dados são melhor conhecidos pelas ciências ambientais, sendo os métodos usados para taxonomia animal e vegetal, classificação de solos e assim por diante.

Acesso aos dados através das chaves é fácil para os atributos chaves, mas infelizmente é muito difícil para os demais atributos associados. Conseqüentemente sistemas hierárquicos são bons para recuperação de dados desde que a estrutura de todos os questionamentos possíveis seja conhecida de antemão. Este é comumente o caso de bancos bibliográficos. Para dados ambientais, entretanto, a natureza exploratória de muitos pedidos de recuperação não podem ser acomodados pela hierarquia rígida e um usuário crítico pode rejeitá-lo em função de sua inflexibilidade. Outra desvantagem de Bancos de Dados hierárquicos são os diversos arquivos de índices que devem ser mantidos, e certos valores de atributos devem ser repetidos diversas vezes, levando a uma redundância, que amplia os custos de armazenamento e acesso (Aronof, 1990; Burrough, 1987; Torres, 1989).

b) Sistemas em Rede:

O modelo de dados em rede resolve alguns dos problemas de inflexibilidade apresentados pela estrutura anterior. Nestes sistemas, uma entidade tem múltiplos parentes, assim como relações, não se requerendo uma raiz (ou tronco). Conseqüentemente, os registros podem ser pesquisados diretamente, sem que seja necessário atravessar toda a cadeia hierárquica que existe acima de si.

Estas estruturas são formas úteis de navegar em estruturas topológicas complexas. Sistemas em rede são muito eficientes quando a interligação ou enlaçamento são conhecidos de antemão. Evitam redundância e fazem bom uso de dados disponíveis. As desvantagens são que o Banco de Dados é ampliado pelo montante de ponteiros, o que em

sistemas complexos podem tornar-se uma parte substancial do Banco de Dados. Estes ponteiros podem ser atualizados toda vez que uma mudança é feita ao Banco de Dados e a construção e manutenção de uma estrutura de ponteiros pode ser consideravelmente problemática para o sistema de Banco de Dados (Burrough, 1987; Torres, 1989).

c) Estrutura Relacional de Banco de Dados

A estrutura relacional do Banco de Dados basicamente não possui ponteiros ou hierarquia. Ao invés disto, os dados são armazenados em registros simples, contendo um conjunto ordenado de valores de atributos que são agrupados em duas tabelas bidimensionais conhecidas como Relações. Cada tabela ou relação é usualmente armazenada em um arquivo separado. A estrutura de ponteiros em modelos em rede e as chaves em estruturas hierárquicas são substituídas por seqüência de dados na forma de códigos de identificação que são utilizados como chaves técnicas para identificar os registros de cada arquivo.

As grandes vantagens de bancos de dados relacionais sobre os modelos hierárquico e em rede, segundo Torres (1989), Aronof (1990) e Burrough (1987), são: mais flexível; a organização de um modelo relacional é simples de se entender; o mesmo banco de dados pode ser representado com menor redundância. Entretanto, são mais difíceis de se implantar, e tendem a apresentar menor velocidade.

d) Estrutura Orientada a Objeto

Recentemente, a pesquisa em SIG tem avançado no estudo sobre modelos de dados orientados ao objeto que, segundo Worboys *et al* (1990), "aparenta ser o mais apropriado para aplicações que envolvem um banco de dados estruturado bastante complexo, como é o caso de um SIG".

4.4.3. Qualidade dos Dados

Ao analisar os aspectos relacionados à qualidade dos dados em um SIG, Aronof (1990) cita 9 componentes que afetam esta qualidade:

- a) **Exatidão posicional** - Consiste no desvio esperado na representação geográfica de um objeto em um mapa, em relação à sua real posição no solo. É normalmente mensurada pelo índice RMS (*Root Mean Square*);
- b) **Exatidão de atributo** - Diz respeito à representação de determinado tema em categorias, que podem constituir-se de variáveis discretas (número finito de classes) ou contínuas (número infinito de classes). A forma como tais categorias são definidas pode levar a

erros na representação;

- c) **Consistência** - Refere-se a consistência na representação de feições. Um exemplo prático é o mapeamento das linhas limites de florestas que limitam-se a rodovias: não se deve traçar tais limites ora pelo centro da rodovia, ora pela sua borda; um critério único deve ser definido;
- d) **Resolução** - O modo como SIGs tornam possível a visualização de dados, faz com que se pense que estes podem ser tratados sem limites de escala. Entretanto, a manipulação de dados e a sua impressão deve sempre levar em conta o modo como foram obtidos e a escala apropriada de seu manuseio. Um mapa digitalizado em escala 1:500.000 não pode ser impresso na escala 1:50.000 sem que vários erros na representação dos dados sejam cometidos;
- e) **Abrangência** - A qualidade dos dados pode também ser afetada pela abrangência do conjunto disponível de dados, esquema de classificação e verificação efetuada na produção do dado. A abrangência do conjunto disponível de dados diz respeito ao conjunto de dados existentes para que se represente a área de interesse;
- f) **Tempo** - A idade dos dados pode ser um fator determinante na sua validade para os fins propostos;
- g) **Linhagem** - Consiste no histórico da produção de determinado dado, relacionando fatores como escala, quem coletou, data, etc;
- h) **Acesso** - O acesso a informações muitas vezes pode ser restrito por motivos estratégicos públicos ou privados;
- i) **Custos diretos e indiretos** - Limitações no orçamento ou o desconhecimento dos custos envolvidos na coleta e transformação dos dados podem limitar também a qualidade final dos dados.

Dale & Mclaughlin (1990) ao abordarem as informações que devem ser tratadas em um sistema cadastral a nível de imóvel, citam que as características que devem importar a estes dados de acordo com as necessidades de seus usuários, são: idade, precisão, exatidão, verificabilidade, clareza, capazes de serem quantificados, acesso, adequabilidade aos objetivos pretendidos.

Considerações importantes sobre exatidão posicional em diferentes escalas de trabalhos e para diferentes produtos e usuários são também tratadas por GIMS (1990). A questão da qualidade e integridade dos dados, bem como a propagação de erros em uma base de dados SIG é bastante ampla, tendo merecido consideração e estudos de diversos autores (GIMS, 1990; Intera Tydac, 1991; Bolstad & Smith, 1992; Aronof, 1990; Lanter & Veregin, 1992; Veregin, 1994).

4.5. Meta Banco de Dados: Linhagem em SIG

Quando da manipulação de dados geográficos, a criação de novas entidades e, assim, de novas informações, na maioria das vezes não garante dados sobre a fonte das novas informações, o tipo de processamento utilizado para produzi-las, ou mesmo que a utilidade do produto final gerado seja informada. O problema da interpretação da origem de dados espaciais derivados tem sido tratado como "linhagem". O *National Committee for Digital Cartographic Data Standards* (NCDCDS) define "linhagem" (do inglês *lineage*) como sendo "informação descrevendo o material de origem e as transformações usadas para derivar arquivos de dados cartográficos finais, na forma digital" (Chrisman *in* Lanter, 1990). Dessa forma, a informação da linhagem de um mapa derivado permite o entendimento da realidade geográfica que este representa, pois documenta a fonte dos dados, o processo de transformação e especificações de entrada/saída.

A linhagem tem sido definida como composta de 3 elementos principais: descrição do dado de origem; documentação do processo de transformação e; especificações de entrada/saída.

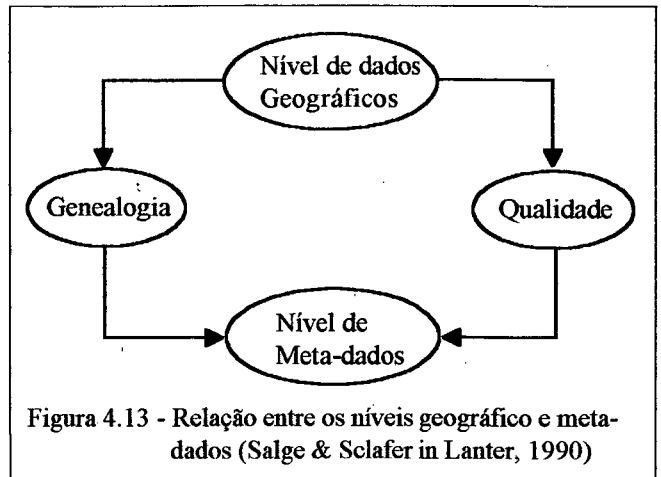
A combinação destes três elementos é uma completa descrição, segundo Lanter (1990) da estrutura de uma aplicação em um SIG.

Apesar da importância de se apresentar informações de linhagem dentro de um banco de dados espacial gerenciado por um SIG, os sistemas atuais raramente a incorporam. Dentre os atuais processos de armazenagem de informações de linhagem, pode-se destacar:

- a) arquivos de história (*history files*), que normalmente compõe os sistemas operacionais, possibilitam um meio para que o administrador do sistema tenha conhecimento de toda série de comandos teclado pelo usuário;
- b) arquivos audit e log (*audit e log files*): são uma variação do tipo anterior, provendo uma descrição mais detalhada do comando informado pelo usuário, bem como da resposta do sistema a este comando;
- c) Sistemas de Controle de Versão (*Version Control Systems*): armazenam as revisões feitas a documentos e arquivos fontes de programas;
- d) linhagem em SIG: apesar de já bastante poderosos, os SIG ainda não provêm um sistema de documentação eficaz, deixando lacunas quando se trata de armazenar informações sobre os elementos dos processos realizados.

Todos os procedimentos acima, apesar de constituírem-se aproximações úteis na tentativa de se documentar mapas derivados em um SIG, ainda não são suficientes para

permitir que esta documentação permita refazer determinado produto. O único sistema encontrado, segundo Lanter (1990), que apresenta potencial para resolver o problema da linhagem em um SIG é o manual, onde uma descrição completa de todos os três elementos componentes da linhagem é possível.



4.5.1. Proposta de um Meta Banco de Dados Baseado em Linhagem

A seguir apresenta-se um modelo conceitual de um sistema de meta banco de dados com fim de resolver o problema de linhagem, documentando um produto cartográfico digital gerado por um SIG. A princípio, este sistema mais complexo de documentação não foi ainda completamente automatizado em SIGs em função de um ainda não completo entendimento de sua estrutura (três componentes, anteriormente descritos) (Lanter, 1990).

Feuchtwanger *in* Lanter (1990) nos diz que um projeto de sistema que objetive a aquisição e manipulação de informações de linhagem para dados cartográficos deve estar baseado em dois níveis distintos (figura 4.13):

- a) nível geográfico, contendo informações espaciais e não-espaciais, que devem ser armazenadas em sistemas convencionais de banco de dados em SIG;
- b) nível de meta-dados, contendo informações abstratas que descrevem os dados armazenados no nível geográfico. Deve conter dados qualitativos e genealógicos.

4.5.1.1. Modelo Conceitual

Dentre as muitas técnicas de organização de banco de dados espaciais, o modelo de meta-banco de dados selecionado é aquele que baseia-se em camadas (*layer-based*, ou *overlay*), o qual separa os temas individuais em conjuntos registrados em níveis. São modelos muito utilizados e de fácil compreensão (figura 4.14)

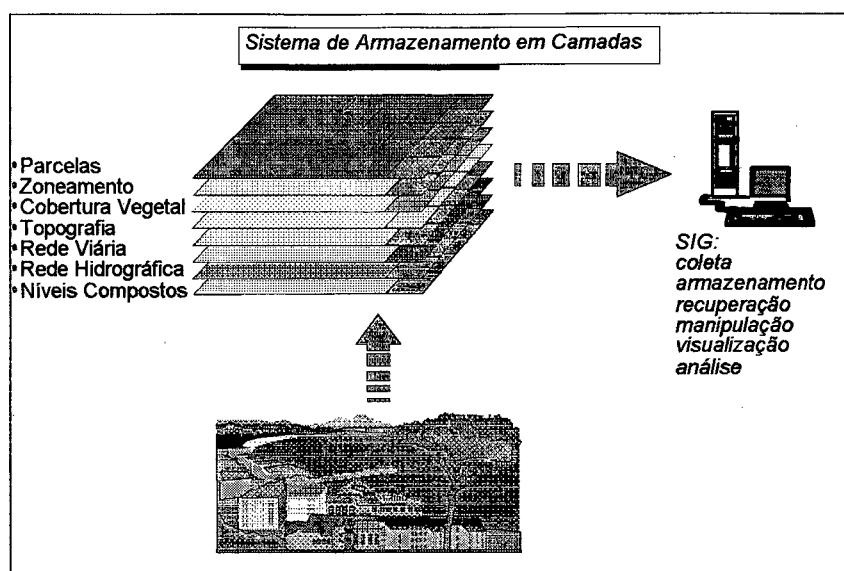


Figura 4.14 - Modelo conceitual de banco de dados SIG como um conjunto de camadas referenciando diferentes temas

É importante que se atribua a estas camadas uma estrutura taxonômica, descrevendo os dados fontes, processos intermediários (níveis compostos pela integração de outros níveis) e produtos finais gerados. Para os níveis fontes (incorporados ao SIG por processo de importação), o NCDCDS sugere que a documentação inclua informação de linhagem considerando nome, tipo, data, agência responsável, escala, projeção e exatidão. Aos níveis intermediários aconselha-se a incorporação de informações que relevem a natureza da transformação utilizada e, finalmente, os produtos finais devem ser caracterizados por informações que digam respeito à finalidade para que foram criados e a sua relevância no processo decisório.

a) Considerações do Projeto

O projeto de um programa de informações de linhagem (LIP - *Lineage Information Program*) possui certos pressupostos inerentes a sua construção. O sistema ora proposto leva em conta um SIG baseado em camadas, topologia temporal de linhagem entre as camadas do banco de dados inerentes à aplicação espacial e técnicas de programação de redes semânticas e blocos (Lanter, 1990).

b) Representações de Conhecimento

"Representações do conhecimento são estruturas de dados nas quais o conhecimento sobre o domínio de um determinado problema é armazenado. Tais estruturas

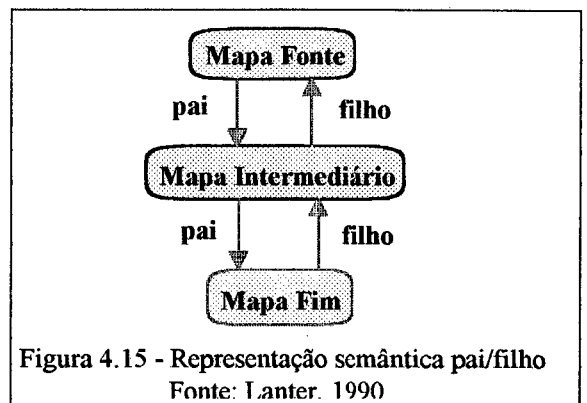
são relevantes em virtude do fato de serem úteis à representação de padrões recorrentes, extraídos de nossa experiência. Uma rede semântica consiste de um método pelo qual o conhecimento é organizado como um conjunto de nós conectados por enlaces devidamente rotulados" (Lanter, 1990). Consiste de uma representação bastante útil de um processo, permitindo seguir seu fluxo apenas pela interpretação gráfica dos enlaces.

A representação de conhecimento de linhagem é uma estrutura híbrida de dados, que consiste de vínculos semânticos pai/filho entre três tipos distintos de camadas aos quais se associam molduras descritivas das principais características destas camadas.

- **Vínculos semânticos pai/filho**

Em um banco de dados geográfico, os nós representam mapas e os vínculos o tipo de ligação/genealogia pai/filho entre os diversos mapas (figura 4.15).

O vínculo "pai" indica qual o resultado de um processamento sobre um certo dado de entrada (responde à questão: Quem é o meu descendente?). Por outro lado, o vínculo do tipo "filho" irá demonstrar qual o dado de entrada para gerá-lo (De quem eu derivo?). Note que o fato de um nó não possuir um vínculo "pai" significa que trata-se de um nó original (um mapa importado ao sistema); da mesma forma, se não possuir um vínculo "filho", significa que trata-se de um produto final gerado. Apenas mapas intermediários possuem ambos os vínculos (são ao mesmo tempo pai e filho).



- **Molduras**

As molduras provêm descrição alfanumérica do meta-banco de dados. Normalmente possuem um nome e diversos atributos ligados ao elemento que descrevem. No propósito deste estudo, servem para descrever os atributos da linhagem de camadas dentro de uma aplicação SIG.

Cada um dos distintos tipos de camadas (fonte, intermediária e produto final) possuem uma moldura característica que a representa. A documentação sobre cada um destes níveis é diferente, respeitando assim suas diferentes funções dentro de um banco de dados digital SIG:

- Para camadas fontes (importadas ao SIG e provenientes da manipulação por outros sistemas) a documentação aborda tipicamente a qualidade da informação, armazenando

atributos que dizem respeito a: nome da camada, agência de origem, tipo de elementos, data de elaboração, agência responsável, escala, projeção e exatidão (figura 4.16).

- Os níveis intermediários são identificados com os atributos do comando associado a sua criação. Como pode-se averiguar pela figura a seguir, a moldura para níveis intermediários pretende armazenar o comando, seu modificador e o valor modificador (caso exista).
- Finalmente, a última moldura representa um produto de uma aplicação de SIG, a ser utilizada em um processo decisório. Lanter (1990) considera que cada produto final deve ser documentado levando-se em conta: qual seu uso, quais os seus usuários, qual a pessoa responsável pelo seu desenvolvimento, a que órgão esta pessoa esta afiliada e a data de produção da informação.

MOLDURA DESCRITIVA DA FONTE	
Nome:	<input type="text"/>
Elementos:	<input type="text"/>
Data:	<input type="text"/>
Agência	<input type="text"/>
Escala:	<input type="text"/>
Projeção:	<input type="text"/>
Acurácia:	<input type="text"/>

Figura 4.16 - Moldura para descrever um mapa original no SIG. Fonte : Lanter,1990

A estrutura híbrida rede semântica/moldura descreve o conteúdo de um banco de dados SIG, permitindo que se deduza a genealogia para criação de um produto final através da navegação por entre vínculos e pesquisa aos atributos de cada passo.

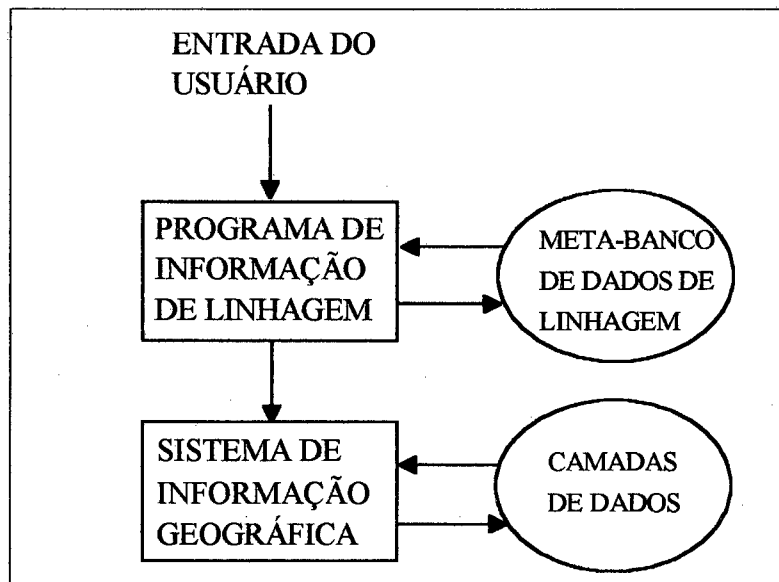


Figura 4.17 - Esquema representativo do relacionamento entre LIP e SIG (Lanter, 1990).

4.5.1.2. Projeto Funcional

O modelo de integração entre o banco de dados SIG e o conjunto de informações armazenadas pelo LIP, proposto por Lanter (1990) é descrito pela figura 4.17.

As instruções do usuário são previamente processadas pelo Programa de Informação de Linhagem, que as armazena e descreve, para só depois serem passadas ao SIG, que as executa para que gerem novas informações ou questionem um banco de dados SIG. O sistema LIP não cria apenas uma história dos comandos teclados, como acontece em arquivos de "história", *audit* e *log*, o sistema vai mais adiante, criando um registro de como as camadas relacionam-se entre si (figura 4.17).

4.6. Importância dos SIGs para o Cadastro Técnico

Torna-se cada vez mais clara a necessidade do pleno conhecimento de informações relacionadas ao gerenciamento de recursos naturais para subsidiar políticas de investimentos públicos e privados. Paralelamente é imprescindível a divulgação e desenvolvimento de técnicas e ferramental moderno que possibilitem a transformação de dados brutos coletados a campo, em informações que permitam um planejamento eficaz.

Os elementos reunidos pelo cadastro podem ser agrupados em gráficos e não-gráficos. Atributos gráficos são representados em formas de mapas, em um sistema de coordenadas que facilite o seu manuseio e também o inter-relacionamento com outros sistemas de informação. O atributo não-gráfico corresponde ao banco de dados alfanumérico. Ambos interligam-se através de chave de acesso, que pode ser o endereço do imóvel ou algum código que o individualize.

Ao atrelar grupos de informações (temas) à sua respectiva localização geográfica, permitindo relações de conexão, os SIGs permitem que se realize entrada de dados de diversas fontes, composição de análises, comparações, modelagens e questionamento destes grupos um a um, ou em conjunto. Entre as relações de conexão destacam-se as de contiguidade e a caracterização de extensões e formas de ocorrência de eventos ambientais, de fundamental importância para análises geo-econômicas e geopolíticas (Silva, 1988).

4.6.1. Integração CTM e SIG

Se a utilização do Sistema de Informações Geográficas for feita com objetivo de se produzir subsídios (novas informações e diferentes maneiras de serem visualizadas) para uma equipe que, de preferência multidisciplinar, vise atingir metas claras e definidas ou

mesmo planejá-las, estes sistemas são de imensa valia, devido à sua capacidade de integrar dados de diversas fontes, modelá-los e analisá-los. Sistemas Geográficos de Informações não podem e não devem representar um fim em si mesmo, mas sim uma ferramenta útil para atingir-se uma meta.

De acordo com o que foi mencionado no início deste capítulo, a ferramenta necessária à parametrização das variáveis úteis ao planejamento regional, fornecendo os dados de entrada, estrutura e os objetivos do SIG, é representado pelo Cadastro Técnico Multifinalitário. Entende-se que o profissional com formação em CTM deve ocupar-se do planejamento sistêmico de um Plano Diretor da área de estudo e, assim sendo, deve fornecer objetivos e subsídios à utilização de ferramentas computacionais como os SIGs.

Segundo Renuncio & Loch (1993), a equipe multidisciplinar de planejamento adquire importância principalmente devido ao número de temas (ou variáveis) normalmente envolvidas no processo. É preciso que diferentes experiências, opiniões e bases técnicas sejam incorporadas para a obtenção de novos dados que, efetivamente, representem a realidade que se deseja planejar ou atingir.

Analisando-se a realidade brasileira, é imprescindível que estes sistemas tenham sua difusão ao longo de todo território nacional, em virtude da dificuldade de se planejar integradamente área tão extensa. Seguidos os preceito afirmados acima, as vantagens da utilização integrada de CTM e SIG a nível nacional e regional poderá:

- a) racionalizar o uso do solo, na medida em que se compara uso atual e aptidão;
- b) facilitar busca e pesquisa de imóveis, urbanos ou rurais, com objetivos de estudos sócio-econômicos;
- c) integrar o território nacional em um plano de desenvolvimento;
- d) fornecer subsídios para o planejamento autosustentado, onde a expansão, o desenvolvimento e o progresso não prejudiquem a natureza e a vida do homem;
- e) otimizar a aplicação de recursos públicos, através do mapeamento de projetos e áreas prioritárias de investimento;
- f) otimizar a utilização de recursos naturais;
- g) desenvolver a arrecadação de tributos, tornando-os mais justos e sua cobrança mais eficiente.

Capítulo 5

Recursos Hídricos

5.1. Importância do Recurso Hídrico em Nossos Dias

O aumento da população gera a demanda pela gerência e melhor definição de recursos naturais e ecossistemas. O progresso das cidades e diversificação das atividades ali desenvolvidas exigem cada vez maior quantidade de água.

Segundo Ramos (1989), a importância do recurso "água" e a complexidade dos fatores envolvidos em seu estudo, iniciou o desenvolvimento de uma linha específica de estudos na engenharia, o gerenciamento de recursos hídricos. Este possui três aspectos básicos, que devem ser atendidos para que tal gerenciamento seja exequível: legislação, informações e; métodos e modelos de avaliação e decisão.

A gerência de recursos hídricos torna-se a cada dia mais complexa, em função dos diversos usos da água e da complexidade dos parâmetros necessários para explicar sua origem, comportamento dinâmico e propriedades.

Babbitt *et al* (1976), Garcez (1962), Linsley & Franzini (1978), Shelton (1969), entre outros, apresentam os principais projetos relacionados a recursos hídricos para o planejamento regional, bem como as informações necessárias a tais projetos. Os principais projetos de usos da água são: suprimento de água potável, irrigação, geração de energia hidrelétrica, navegação, controle de enchentes, drenagem, pontes, redes de esgoto e controle de poluição. Quanto às informações necessárias a estes projetos, trata-se de sua descrição no próximo item.

5.2. Caracterização Física de Recursos Hídricos

Garcez (1962), Magalhães (1989) apontam para a importância do processo

interativo existente entre os recursos hídricos, geologia e formação de bacias hidrográficas. Segundo ele, os fatores geológicos interferem na formação de rochas e solos em uma bacia hidrográfica, conseqüentemente influenciando em sua geomorfologia. O escoamento superficial, por sua vez, é influenciado pela geomorfologia e pela permeabilidade do solo, alterando também o relevo por onde circula, estando caracterizado um caminho de mão dupla.

Tratando-se de recursos hídricos, a bacia hidrográfica pode ser caracterizada por fatores geomorfológicos, pedológicos e de uso da terra (Magalhães, 1989). Estes fatores irão influenciar toda uma série de atitudes antropogênicas, circulação dos recursos hídricos superficiais e subsuperficiais (infiltração, evaporação, etc) e também a potencialidade de aproveitamento dos demais recursos naturais que integra (vegetação, minérios, etc).

Os fatores geomorfológicos mais importantes, segundo Magalhães (1989) são: a) a área e forma da bacia hidrográfica e; b) linhas de drenagem: classificação, comprimento e declividades. Complementarmente, a pedologia irá influenciar a vegetação, infiltração e o escoamento superficial e, conseqüentemente todo o uso do solo desta bacia.

Outro importante item na caracterização de uma bacia hidrográfica, reflexo da ação dos elementos físicos anteriormente citados, é o tempo de concentração (t_c) (Linsley & Franzini, 1978; Magalhães, 1989). Este, pode ser entendido como o período de tempo para que uma gota que, precipitada no ponto mais remoto de uma bacia hidrográfica, possa atingir a foz.

O t_c está fortemente relacionado ao hidrograma da bacia hidrográfica, indicando a potencialidade de ocorrência de grandes enxurradas, erosões, entre outros fenômenos hídricos. Diversas equações podem ser consideradas no cálculo de t_c (Magalhães, 1989), dentre as quais destaca-se a de Ribeiro:

$$t_c = \frac{16.L}{60.(1,05-2.p).(100.S)^{0,04}} \quad (5.1)$$

sendo L o comprimento do rio principal; p o índice de vegetação e; S a declividade do rio principal.

5.3. Hidrologia dos Mananciais

A partir do momento em que a precipitação atinge o solo, esta pode tomar quatro rumos distintos: evaporar, percolar no solo, ser armazenada em lagos ou lagoas ou escoar. Este estudo leva em consideração principalmente aspectos relacionados ao

escoamento de superfície e infiltração, que compõe, normalmente, as fontes supridoras de um reservatório:

- a) Infiltração: é usualmente benéfica, uma vez que reduz as vazões de enchentes e o armazenamento subterrâneo tende a aumentar a vazão básica, ou seja, a vazão de superfície que deriva da água subterrânea, aumentando também a vazão na estação seca;
- b) Escoamento: a vazão de escoamento está composta por parte da precipitação que atinge a superfície, mais a vazão básica, sendo afetada pelas seguintes condições físicas (Babbitt *et al*, 1976):

- | | |
|------------------------------|-------------------------------|
| - precipitação | - bacia hidrográfica |
| - temperatura | - cursos d'água e tributários |
| - vento | - controle de cursos d'água |
| - topografia | - orientação |
| - geologia | - mudanças feitas pelo |
| - tipo de superfície do solo | homem no ambiente. |
| - armazenamento natural | |

Basicamente, o escoamento superficial se dá a partir do momento em que a capacidade do solo, lagos e lagoas é insuficiente para reter a água precipitada, ou a taxa de infiltração do solo é inferior à de precipitação.

Dentre os três distintos tipos de mananciais de superfície - rios perenes sem represamento, rios com reservatório e lagos naturais, Babbitt *et al* (1976) afirma que só se pode utilizar rios perenes sem represamento para o abastecimento doméstico a partir do instante em que a vazão mínima prevista para este rio exceder a demanda máxima para a correspondente estação crítica do ano.

Para o caso de um represamento Babbitt *et al* (1976) citam ainda os seguintes pontos a ponderar:

- a) Será o rendimento anual da bacia adequado para satisfazer a demanda prevista?
- b) Se o rendimento varia de ano para ano, quais serão os rendimento mínimos previstos e as frequências da ocorrência destes diversos rendimentos mínimos?
- c) Quais serão as perdas por evaporação e infiltração?
- d) Quais serão as necessidades de água para satisfazer os direitos dos usuários a jusante?
- e) Que volume de represamento será exigido para atender essas necessidades e satisfazer a demanda prevista durante as máximas condições de seca e consumo?
- f) Há um local adequado para o represamento, a uma distância econômica da localização da demanda?
- g) Qual o tipo de barragem a ser construído para acumular a água?
- h) Que tipo de vertedouro será melhor adaptado à passagem de vazões excessivas nas cheias que podem ocorrer quando o reservatório estiver cheio?
- i) Qual será a máxima vazão de enchente que o vertedouro deve escoar?

- j) Desde que a frequência da ocorrência das enchentes decresce a medida que aumenta o pique da enchente, surge a questão de determinar com que frequência é economicamente justificável permitir uma enchente exceder a capacidade do vertedouro?
- k) Qual será o resultado de tal extravasamento sobre a barragem?
- l) Se a barragem ceder, haverá ameaças de vidas a jusante?

O estudo dos fatores que governam a depleção e repleção dos recursos líquidos da terra, ou hidrologia (Babbitt *et al*, 1976), relaciona-se à construção de uma barragem de captação de água em três temas: previsão de rendimento, previsão de vazão mínima e de vazão de enchentes. Os métodos utilizados para prever os rendimentos de uma microbacia, segundo o autor, dependem da extensão dos registros disponíveis, estando classificados em:

- a) registros prolongados - Neste caso devem ser realizadas considerações estatísticas sobre os dados, estimando-se com boa confiabilidade os rendimentos mensais, vazões mínimas e de enchente;
- b) registros apenas a curto prazo - Se neste caso existir uma boa série de medidas de precipitação, podem ser correlacionados os dados de precipitação e escoamento, permitindo-se determinar vazões mínimas e rendimento para toda a série de precipitações. Adverte o autor de que os resultados são apenas satisfatórios, pois a correlação precipitação x escoamento tende a alterar-se em função de variáveis não consideradas no cálculo;
- c) Inexistência de registros - deve-se estudar previsão de rendimentos executados em microbacias vizinhas, com vazão básica, topografia, cobertura vegetal e características de solo similares.

Como pode-se notar, projetos envolvendo recursos hídricos dependem sobretudo da formação de um banco de dados contendo informações de geologia, geomorfologia, pedologia, uso da terra e hidrometeorologia. A seguir fazem-se considerações sobre o conteúdo específico deste banco de dados.

5.4. Banco de Dados Hidrológico para Projetos Envolvendo Abastecimento de Água

A exploração de informações sobre os recursos hídricos é possível com a utilização do sensoriamento remoto orbital, limitando-se no entanto à escala regional. Barrett & Curtis (1992) apresentam o uso destes sensores no monitoramento de hidrometeorologia,

hidrologia de superfície, hidrogeologia e oceanografia. O estudo que ora se apresenta, no entanto, requer um grau maior de detalhamento de informações, e um banco de dados específico deve ser projetado a fim de gerar subsídios ao planejamento hídrico da microbacia.

Shelton (1969) divide a exploração e projeto de obras hidráulicas de engenharia em quatro fases distintas, ao longo dos quais vai se intensificando o volume e a precisão dos métodos e dos dados coletados. Babbitt *et al* (1976) classificam as fases de vida de um reservatório em promoção, estudo preliminar, projeto, construção, manutenção, operação e tratamento.

Linsley & Franzini (1978) afirmam ainda que dados representativos e homogêneos de fenômenos envolvendo hidrologia só são possíveis a partir de 15 anos de observações da área de estudos. Ao discorrer sobre o planejamento dos aproveitamentos de recursos hídricos, estes autores propõe também uma estrutura mui interessante para o banco de dados de recursos hídricos, considerando seus diversos usos e também aspectos relacionados a projeções para o futuro.

A seguir apresentam-se os principais dados para o projeto de um reservatório, lembrando-se que o enfoque aqui apresentado considera rios de pequeno porte, para os quais muitas simplificações podem ser feitas. A estrutura deste banco de dados tem por base aquela proposta por Shelton (1969) para países de Terceiro Mundo, onde o autor considera o planejamento de recursos hídricos nestes países.

5.4.1. Demanda

O estudo e avaliação da demanda é o primeiro item a ser analisado uma vez que seja detectada a necessidade de se projetar um suprimento de água potável para o atendimento da comunidade.

O estudo da demanda de água tem se mostrado cada vez mais importante para o mundo moderno, principalmente em função do rápido desenvolvimento de áreas urbanas. Informações adequadas ao manejo de recursos hídricos visando o abastecimento urbano viabilizam o progresso da cidade com preservação do meio ambiente. As variáveis associadas ao consumo, segundo Netto & Alvarez (1982) são:

- clima
- padrão de vida
- hábitos da população
- serviço medido ou não
- qualidade do recurso
- custo do recurso
- pressão na rede distribuidora
- tipos de consumo: doméstico, comercial, industrial ou público
- perdas na tubulação
- rede de esgotos

Na quantificação do montante de água necessário, a precisão dos levantamentos e análises podem ser divididos em várias etapas, de acordo com as quais um maior ou menor detalhamento e precisão dos dados é necessário.

O alcance do plano, ou seja, o período a ser atendido pelas obras, é um dos primeiros passos a ser analisado e deve ser entendido como o período compreendido entre o início da execução do projeto até o momento em que haja novos recursos para serem reinvestidos em adições ao sistema (Shelton, 1969). O autor cita que em geral os períodos de vida útil de projetos hidráulicos com fundos públicos situam-se entre 25 e 50 anos.

O alcance do plano deve situar-se, segundo Netto & Alvarez (1982), entre 10 e 30 anos. Além deste critério técnico, estes autores citam ainda a necessidade de se definir:

- a) etapas de construção das obras;
- b) cota de consumo diário por habitante;
- c) volume de água para fins industriais e comerciais, se muito significativos;
- d) coeficientes de variação de consumo;
- e) números de horas de funcionamento do sistema.

Para a etapa inicial do projeto, Shelton (1969) recomenda a simples expressão da demanda em termos de litros por habitante por dia, sendo também necessário o relacionamento da demanda em função do crescimento da população (gráfico 5.1). Para etapas que requeiram maiores minúcias em termos de quantificação da demanda, é necessário também que se estude a demanda horária para um dia típico e também para um dia de máximo consumo (como mostra o gráfico 5.1)

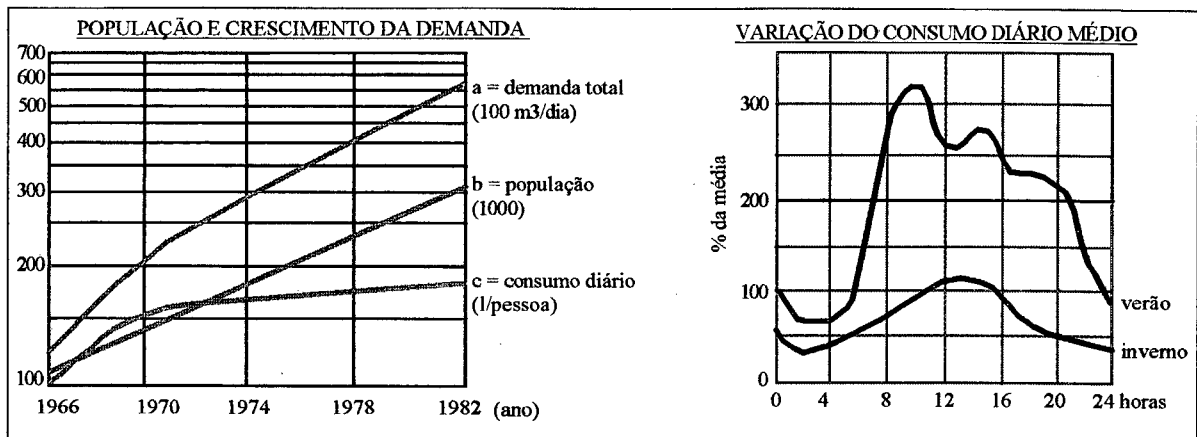


Figura 5.1 - Gráficos para avaliação da demanda. Fonte: Shelton, 1969

Dados apresentados por Netto & Alvarez (1982) e fornecidos pela SABESP (1980) para populações em torno de 16.000 habitantes demonstram uma quota per capita diária de 200 l/hab.

Babbitt *et al* (1976) apresentam estatísticas americanas que apontam o consumo para cidades entre 10.000 e 25.000 habitantes como entre 200 e 1259 l/dia, com média de 431 l/dia. É uma taxa bastante elevada, pois leva em consideração a alta industrialização das cidades americanas e também um consumidor mais dispendioso.

O estudo da demanda requer também uma projeção desta para o período de alcance do plano. Para uma previsão da população futura utiliza-se a Progressão Geométrica, proposta por Babbitt *et al* (1976), na qual é admitida uma percentagem constante de crescimento para iguais períodos de tempo.

Cabe ainda ressaltar a observação de Babbitt *et al* (1976) em que o autor aponta uma demanda crescente pelo recurso "água", principalmente em função da instalação de indústrias. O autor ainda afirma que demanda e população nem sempre estão perfeitamente correlacionados.

a) Volume de Água Necessário

O cálculo da vazão média nas adutoras visa garantir a demanda de água pela população no período de 1 ano, considerando o número de indivíduos (P), taxa de consumo (q) e nº de horas de funcionamento do sistema (h). A fórmula proposta por Netto & Alvarez (1982) levando em conta estes fatores, é a seguinte (Q, em l/s):

$$Q = \frac{P \times q}{3600 \times h} \quad (5.2)$$

A vazão mínima diária a ser projetada deve, no entanto, considerar eventuais picos de

consumo. Considerando-se um pico de consumo de 25% acima da média, a fórmula então torna-se:

$$Q = 1,25 \cdot \frac{P \times q}{3600 \times h} \quad (5.3)$$

A previsão de volume deve ainda contabilizar, além da demanda, outros fatores como: crescimento geográfico, água para fins especiais (limpeza pública, fontes, ...), água não contabilizada e proteção contra incêndios. Para a água não contabilizada é necessário um mínimo de 5%, segundo Babbitt *et al* (1976).

5.4.2. Disponibilidade Média de Água

A média anual, mensal e diária de disponibilidade de água é determinada em função do run-off superficial, subterrâneo ou mesmo através da precipitação.

Quanto, no entanto, os valores destes volumes não encontram-se à mão, ou não dispõe-se de tempo limitado para levantamentos mais detalhados, Shelton (1969) recomenda que se faça estimativa a partir dos registros de precipitações do ano hidrológico. A correlação anual pode ser efetuada através de balanço hídrico simples, ou seja:

$$E = P - D \quad (5.4)$$

onde E = runoff médio anual, constituindo-se de escoamento superficial e subsuperficial, gerado em função da água infiltrada; P = precipitação anual; D = perda por evapotranspiração., sendo esta última basicamente dependente da temperatura do ar, da velocidade do vento e da pressão atmosférica na superfície líquida (Shelton, 1969; Linsley & Franzini, 1978; Magalhães, 1989). A existência de um pequeno número de registro de vazões também torna possível o uso de correlações lineares, do tipo:

$$Q = a.P + b \quad (5.5)$$

Segundo Linsley & Franzini (1978), a curva resultante é normalmente suave, apresentando um percentual de escoamento direto para maiores valores de precipitação (figura 5.2).

A infiltração de água na matriz do solo, considerada "perda" em estudos de hidrologia de superfície (reduz o escoamento), constitui fenômeno de difícil equacionamento, principalmente em virtude da quantidade de parâmetros necessários a sua compreensão. Estão envolvidas no cômputo da taxa de infiltração itens como: granulometria do solo, índice de vazios, forma dos elementos do solo, constituintes, direção do escoamento, declividade, vegetação, uso do solo, entre outros (Magalhães, 1989; Linsley & Franzini, 1978).

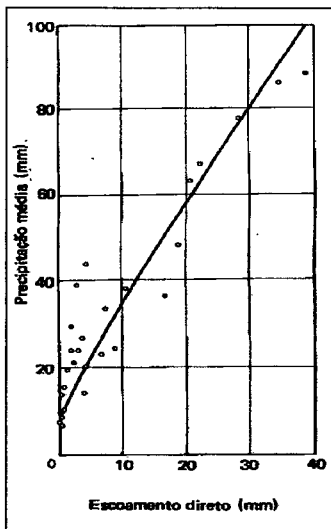


Figura 5.2 - Correlação entre precipitação e vazão. Fonte: Linsley & Franzini, 1978.

A disponibilidade média de água, a nível mensal, quando pequeno número de registros é verificado, pode ser obtido através de correlação múltipla entre vazão e precipitação, que considera as variações de pluviosidade existentes nos 12 meses do ano ($Q = a.P1 + b.P2 + \dots + c$). Se, no entanto, não forem disponíveis as vazões em espaços de meses, apenas uma correlação de baixa precisão pode ser estabelecida utilizando-se dados de áreas vizinhas, com características geológicas, topográficas e climatológicas semelhantes (Shelton, 1969, Babbitt *et al*, 1976).

A sazonalidade dos períodos de excesso e déficit de água pode ser melhor observado no gráfico da figura 5.3, onde se apresentam as vazões obtidas pelos métodos aproximado ou direto em função dos meses de ocorrência. O gráfico tem a denominação de hidrógrafo.

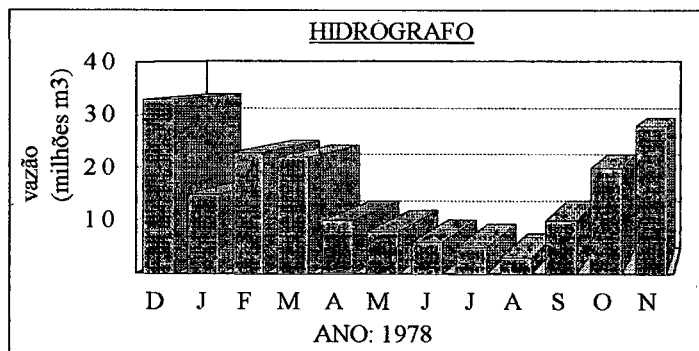


Figura 5.3 - Hidrógrafo.

O estudo mais detalhado de duas ou mais alternativas de suprimento de água potável deve também considerar a montagem de Curvas Gerais de Duração, que na análise apresentam a porcentagem de tempo durante o qual determinada vazão é igualada ou

superada, independentemente da época em que ocorrem. Estas curvas requerem uma extensa série de registros de vazão, e podem ser elaboradas a partir de valores médios mensais.

As curvas de duração são em geral utilizadas para se prever o potencial hídrico de uma bacia hidrográfica em determinado ponto no leito do rio, a fim de se conhecer a vazão mínima com confiabilidade de 95% a 100%.

5.4.3. Disponibilidade Mínima de Água

A determinação da vazão mínima é essencial quando se pretende o represamento de córregos para atender uma demanda específica. Shelton (1969) recomenda que a análise das vazões mínimas seja feita com base nos anos climatológicos, a começar pelas estações chuvosas. Para cada ano climatológico deve-se determinar a média mínima diariamente para, em seguida agrupá-las em função da média dos volumes médios em grupos de 7, 30, 60, 120 e 183 dias, separando para cada ano a média mínima. Para cada um destes seis grupos de valores deve-se calcular o período de retorno ($Tr = f(m,n)$). Os valores $Tr = f(Q_m)$ obtidos são plotados no gráfico log-log de probabilidades apresentado por Shelton (1969) na figura 5.4.

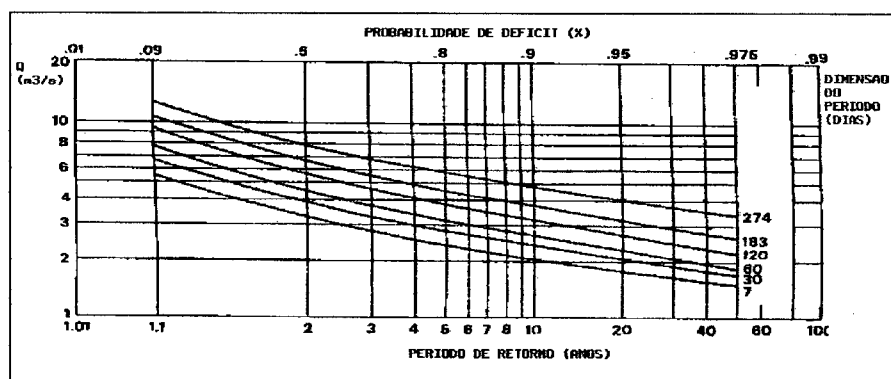


Figura 5.4 - Gráfico log-log para cálculo do período de retorno. fonte: Shelton (1969)

Shelton (1969) apresenta ainda uma curva de frequência acumulada que serve para estimar a capacidade de armazenamento requerida para suportar uma determinada demanda¹.

Nos estágios finais de projeto, os gráficos apresentando curvas cumulativas para as várias possibilidades deve ser substituído por um estudo mais preciso, incluindo-se os demais fatores que afetam o ciclo hidrológico: vazão tributária, precipitação, demanda, perdas por evapotranspiração, perdas por infiltração e direitos de usos da água (Linsley &

¹ No exemplo (figura 5.5), a fim de suprir um volume de 5 m^3 por segundo, é necessário que se mantenha a capacidade de 1 m^3 por segundo por 240 dias, ou $20.7 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

Franzini, 1978; Garcez, 1962; Magalhães, 1989).

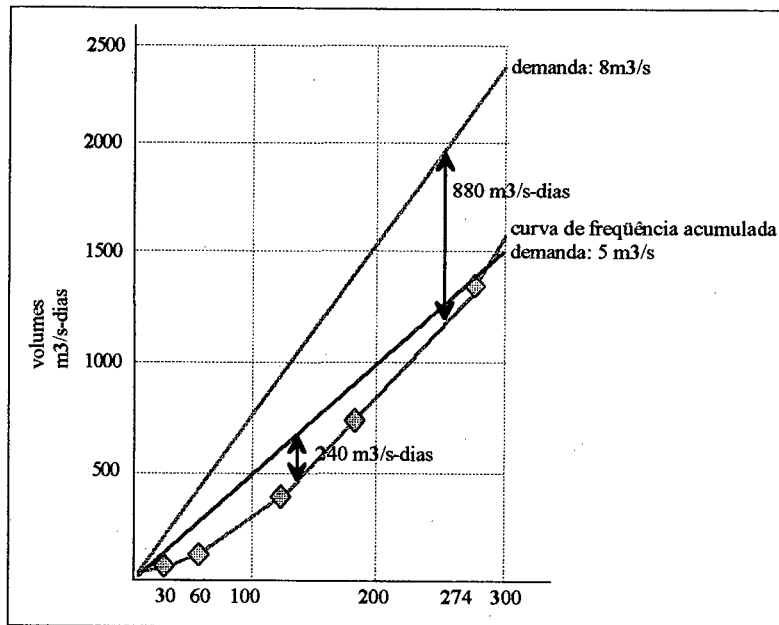


Figura 5.5 - Estimativa da capacidade do reservatório. Fonte: Shelton, 1969.

5.4.4. Enchentes - Vazão Máxima

O projeto de um reservatório para acúmulo de água para o abastecimento da população deve também analisar as máximas vazões já existentes, bem como prever seu período de retorno. Em função da vazão projetada de enchente é que diversas obras serão dimensionadas, como a calha do vertedor, p. ex.

Durante as diversas etapas de um projeto, diferentes graus de precisão são importantes na determinação da máxima vazão de enchente. Na fase de reconhecimento, ou quando inexistir material sobre o ponto de estudo pode-se utilizar dados em regiões vizinhas, correlacionando-se as vazões de enchente com as áreas de ocorrência ou, se ainda assim houver deficiência de dados, as estimativas devem basear-se em fórmulas empíricas, como:

$$Q = C.A^n, \quad (5.6)$$

onde A é a área superficial, C e n são constantes que relevam o clima, topografia e vegetação. Também Agrodata (s/d) propõe fórmula semelhante para cálculo da vazão máxima:

$$Q = C.I.A/360, \quad (5.7)$$

$$\text{sendo } I = P/t_c \quad (5.8)$$

onde C = coeficiente de runoff; I = intensidade máxima de precipitação (mm/h); A = área da bacia em hectares; t_c = tempo de concentração (h) e; P = precipitação total máxima de

chuvas.

Nesta fase de estudos preliminares, Shelton (1969) aponta que normalmente são determinados 3 valores distintos para as cheias, que são:

- máxima enchente possível, considerando toda série de dados, com margem de segurança de 100%;
- máxima enchente provável: com um tempo de retorno menor que a anterior, é a máxima enchente que pode vir a ocorrer em determinado ponto e;
- vazão de projeto: determinada com um certo grau de risco, a vazão de projeto determina o dimensionamento das obras hidráulicas no leito do rio ou córrego.

A diferença entre os itens b) e c) deve considerar os danos que podem ser causados a jusante no caso de uma vazão superior à determinada no item c), bem como os custos de obras hidráulicas que devem ser executadas para evitar tais danos (risco zero).

Shelton (1969) adverte que a aplicação destes métodos deve ter seu uso restrito na América Latina até que dados coletados diretamente sejam disponíveis, cuja extensão irá proporcionar redução global de custos, com aumento de segurança ao projeto.

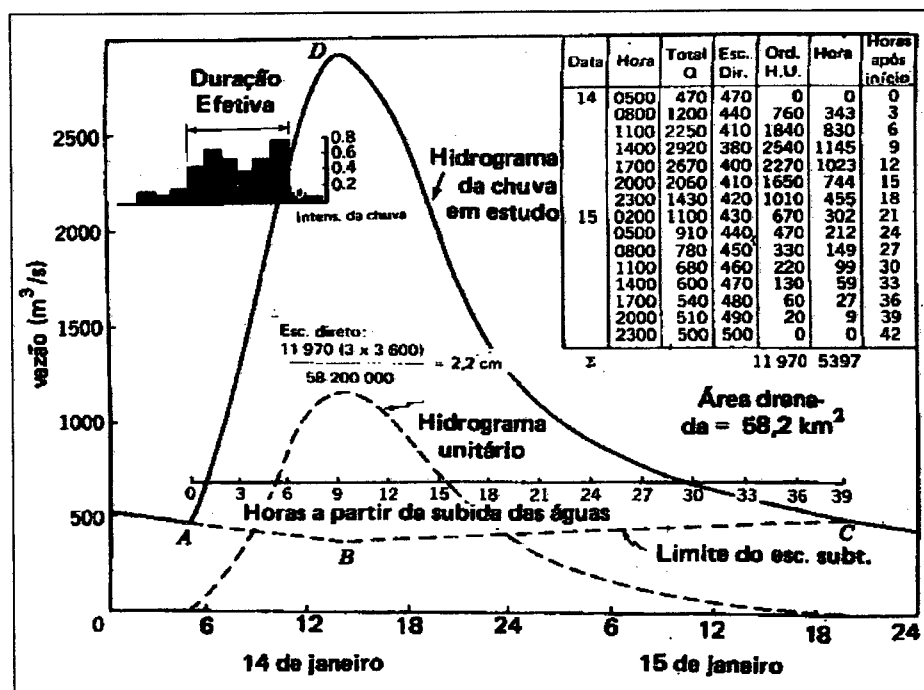


Figura 5.6 - Elementos e construção de um hidrógrafo unitário. Fonte: Linsley & Franzini, 1978

Para estudos mais detalhados, Shelton (1969), Linsley & Franzini (1978), Garcez (1962), Magalhães (1989) prevêem o uso do hidrógrafo unitário, paralelamente aos procedimentos já descritos, baseados nos coeficientes de Snyder ou o *Métodos do Bureau of*

Reclamation, ou outro similar. Na figura a seguir apresentam-se os principais elementos na formação do hidrógrafo unitário, sendo que uma descrição mais detalhada dos passos para sua construção pode ser encontrada em Magalhães (1989).

5.4.5. Disponibilidade de Mananciais Subsuperficiais

As águas subterrâneas possuem grande dependência da precipitação e infiltração, sendo também de difícil mensuração (Cleary, 1989). Por outro lado, são importantes reservatórios naturais de água para abastecimento doméstico, dado a sua baixa velocidade de escoamento. Segundo Cleary (1989), mesmo para as regiões Sul e Sudeste, onde o escoamento superficial é favorecido pela geologia e clima, as épocas de seca relevam a importância de mananciais subsuperficiais no atendimento da demanda.

Inicialmente devem ser obtidos registros dos poços existentes na região (Shelton, 1969), bem como de uma pequena quantidade de furos adicionais feitos para exploração do manancial subterrâneo. Em fases subsequentes estes poços devem ser explorados e testados, anotando-se flutuações no nível bem como sua recarga em função da precipitação. O conhecimento hidrogeológico das formações existentes é imprescindível neste estudo.

No capítulo 7 desta obra, Área de Estudos, faz-se uma descrição da hidrogeologia da área (item 7.4.1), baseada nos dados apresentados por Ávila (1993).

5.4.6. Direito à Água

No estudo, quando o volume médio diário é analisado, deve-se ter em mente os demais usos possíveis para a água do rio ou córrego, acima e abaixo da seção estudada, bem como a influência da obra em épocas de seca. Shelton (1969), Babbitt *et al* (1976) dizem que uma determinada quantia deve ser reservada a fim de garantir o direito a uso da água a jusante. Por esta razão o autor aconselha a realização de um cadastro que integre informações sobre: nome do usuário, canal de irrigação, uso da água, vazão média, máxima vazão que os canais podem acumular, volume reservado ao usuário por concessão e análise do volume em geral utilizado. Tudo deve estar representado na forma gráfica, em mapas.

Assim, a previsão de um reservatório para abastecimento, pode também considerar um suprimento adicional voltado a atender a agricultura existente a jusante (irrigação).

5.4.7. Condições Bacteriológicas e Químicas

Segundo Shelton (1969), Babbitt *et al* (1976), o conhecimento de condições bacteriológicas e sanitárias é muito importante em projetos de planejamento de uso de recursos hídricos, a fim de se formular sugestões e reduzir efeitos adversos.

O conhecimento das condições químicas é necessário para se determinar a concentração dos elementos presentes na água, bem como certificar-se de que tais concentrações são ou não prejudiciais à saúde humana no consumo doméstico. A análise química também inclui pH, alcalinidade, dureza e temperatura.

A água não encontra-se em condições de pureza na natureza em função de seu poder solvente quase universal. Entretanto, Babbitt *et al* (1976) afirma que a presença de elementos químicos não necessariamente é prejudicial à saúde humana, muito pelo contrário, pode ter efeito benéfico, cabendo delimitar corretamente suas concentrações.

5.4.8. Análise de Sedimentos em Suspensão

O banco de dados para projeto de um reservatório deve ainda incluir informações acerca do grau de influência exercido pelo transporte e deposição de sedimentos sobre o reservatório. As principais fontes de problemas envolvendo sedimentos são (Shelton, 1969):

- a) erosão laminar, originada a partir do run-off em função de precipitação que ocorre em áreas agrícolas, reflorestadas e clareiras;
- b) formação de canais no solo ou em locais de formação geológica não consolidada;
- c) erosão nos leitos dos rios e nas margens;
- d) movimentação do solo (queda de barreiras);
- e) erosões em virtude das enchentes;
- f) efluentes industriais;
- g) construção de rodovias, aterros, etc, nas proximidades de canais.

O conhecimento do fluxo de materiais sólidos permite prever o assoreamento do reservatório e assim, sua influência na vida útil e capacidade para atender a demanda no período estipulado para o mesmo.

Os sedimentos carregados devem ser estudados individualmente, com relação à origem. Quanto à amostragem, Shelton (1969) recomenda que amostras periódicas sejam

feitas, detectando-se os elementos e o volume carregado. O autor prevê ainda a execução de amostras parciais e completas: nas primeiras, amostras diárias de 1/2 litro devem ser tomadas o mais distante possível das margens dos rios, sendo que em seções muito irregulares devem ser amostrado três pontos, incluindo-se a temperatura da água; as amostras completas devem prever a análise detalhada de diferentes profundidades, sendo utilizados Turbidímetro Francês, garrafa de Delft, USD-49 ou USDH-48, e o amostrador P-46.

5.5. Qualidade dos Mananciais

Para fins de abastecimento público, os mananciais devem preencher pré-requisitos mínimos no que diz respeito à quantidade (deve ser suficiente para atender à demanda no tempo previsto) e qualidade. Este último fator deve levar em conta aspectos do ponto de vista químico, físico, biológico e bacteriológico. Neste estudo, serão levados a efeito apenas considerações a respeito daqueles mananciais localizados à superfície, visto adequarem-se melhor ao estudo de caso que se segue.

Estes mananciais são formados por rios, lagos, córregos e reservatórios artificiais, sendo estes últimos edificadas com o propósito de reserva do recurso para épocas de estiagem.

Netto & Alvarez (1982) citam importantes fatores a serem examinados na alocação dos reservatórios com fim de captação de água:

- a) dados hidrológicos da bacia ou de bacias próximas, neste caso fazendo-se estudos de correlação;
- b) dados fluviométricos. Na inexistência de estação apropriada de registro destes dados, podem ser coletados dados referentes à estiagem e enchentes junto a moradores da própria região;
- c) elementos referentes às características físico-químicas e bacteriológicas. Para o caso de serem detectados ou previamente conhecidos focos poluentes do recurso, estes devem ser identificados, preferencialmente, a montante destes focos.

5.5.1. Legislação e Qualidade da Água

As águas no Brasil sob aspecto legal são regidas basicamente pelo Código Civil (Lei 3071 de 1-1-1916) e pelo Código das Águas (Decreto Federal 24.643 de 10-7-1934) com as alterações posteriores e leis complementares (Pastorino *in* Linsley &

Franzini, 1978).

A Portaria nº 36, de 10 de janeiro de 1990, do Ministério da Saúde, aprova as normas e padrão de potabilidade da água destinada ao consumo humano. Esta norma apresenta o padrão de potabilidade estabelecido em função de características físicas, organolépticas, químicas e bacteriológicas (Anexo E).

5.5.2. Poluição e Proteção dos Mananciais

O uso progressivo, intenso e exaustivo dos rios e mananciais superficiais, aumenta a poluição a um grau que muitas vezes ultrapassa os limites de segurança admitidos por entidades nacionais e internacionais. Não bastasse isso, ainda muita água tratada é desperdiçada em atividades como lavagem de automóveis, calçadas, entre outros (Pastorino *in* Linsley & Franzini, 1978).

Magalhães (1989) coloca que "o uso indevido de recursos hídricos, solo ou vegetação de determinada região pode causar efeitos destrutivos de degradação da região (poluição, enchentes, erosão) bem como aumentar o custo do desenvolvimento e diminuir a qualidade de vida das populações residentes na área e a jusante".

A relevância do planejamento fundamentado em microbacias e a problemática nestas áreas está bem evidenciado por Assad *et al* (1993), quando afirma que:

" No Brasil, os cursos d'água vêm sofrendo uma constante e crescente contaminação, fruto da utilização e preservação inadequada dos recursos naturais existentes ao seu redor. Frequentemente, estas águas transportam solos trazidos pelas águas da chuva que podem ter sido adubadas e corrigidas a custos altíssimos, no limite da capacidade financeira dos agricultores. As águas superficiais, outrora límpidas, estão poluídas e esta poluição já pode ter atingido o lençol freático, reduzindo, com isto, a sua disponibilidade para irrigação e para o abastecimento".

A poluição dos mananciais se dá basicamente com o carreamento de produtos tóxicos pela água das chuvas e a deposição provocada pelo homem de dejetos nos leitos de rios e lagos. Veiga *et al* (1991) cita as seguintes fontes principais de poluição no Estado de Santa Catarina:

- a) dejetos de suínos;
- b) dejetos de bovinos e aves
- c) dejetos humanos;

- a) agrotóxicos;
- b) sedimentos;
- c) rejeitos de mineração.

No reconhecimento e fases iniciais de um projeto de captação é essencial a delimitação e mapeamento das fontes potenciais de poluição, bem como a sua extensão e natureza dos dejetos que lançam ao leito de rios e córregos.

Babbitt *et al* (1976) divide a proteção da qualidade da água em uma bacia hidrográfica em duas formas distintas: fiscalização e cuidados especiais e; tratamento da água. Segundo o autor o uso recreacional deve ser considerado em função do custo de despoluição que gera o lazer.

A fiscalização deve ater-se à descarga de esgotos, presença de animais na área, bem como a detecção de epidemias por veículo hídrico e seu tratamento. Também a presença e uso de agrotóxicos deve ser fiscalizada.

O reflorestamento como forma de prevenção e proteção de mananciais em bacias hidrográficas é de extrema significância, na medida em que previne a travessia constante, evita ou reduz a erosão, proporciona um uso comercial à terra, controla e diminui o escoamento superficial. Em relação a campos abertos, reduz a evaporação e melhora a qualidade da água.

a) *Doenças*

Os cuidados com a água podem ser facilmente justificados em virtude da diversidade de doenças das quais a água é veículo, bem como a extensão dos danos que podem causar à saúde pública.

Babbitt *et al* (1976) cita uma lista desta doenças, que inclui: febre tifóide, disenteria bacilar, cólera, hepatite infecciosa, tularemia, poliomielite, dermatites, gastroenterite, bócio⁹, envenenamento por elementos metálicos, fluorose, cárie dentária e desarranjos intestinais.

5.6. Planejamento de Recursos Hídricos e SIG

A alocação e administração dos recursos hídricos constitui-se de árdua tarefa,

tornando-se cada dia mais difícil em função do crescimento da demanda, decréscimo de fontes de suprimento e qualidade cada vez menor em virtude da ampla exploração dos rios para os mais diversos fins, sem o correspondente trato dos efluentes. População em expansão associada ao desenvolvimento comercial, residencial e industrial de nossas cidades, requerem quantidades cada vez maiores de água, com uma qualidade que deve seguir sempre um mesmo elevado padrão. A competição entre a agricultura, indústria, recreação e usuários domésticos torna-se cada vez mais aguda na busca do recurso. Soluções a estes difíceis problemas frequentemente requerem a capacidade de armazenar, manipular e analisar grandes bancos de dados espacialmente distribuídos. Portanto, a aplicação de tecnologia SIG apresenta o potencial para uma contribuição positiva ao gerenciamento de recursos hídricos (Buckley, 1986).

Ao tratar de questões relacionadas à hidrologia e planejamento em países de terceiro mundo, Shelton (1969) já apontava que os problemas encontrados em projetos envolvendo recursos hídricos iniciam-se já nas atividades de seu planejamento, pois há grande carência de dados. O enfoque de obras mais atuais, como Magalhães (1989), Dale & Mclaughlin (1990), confirma a deficiência de dados para planejamento de recursos naturais em países de Terceiro Mundo, o que leva a concluir que as ações realizadas nestes anos para captura e armazenamento de uma adequada base de dados, ainda não vão de encontro às necessidades do planejador.

Tucci (1993) ao executar laudo técnico no município de Cocal do Sul, envolvendo recursos hídricos, fala também a respeito da dificuldade de se realizarem análises quando da inexistência dos dados apropriados:

" O comportamento hidrológico quanto a disponibilidade hídrica não pode ser avaliado apenas por uma ou poucas quantificações de vazões no rio. Como a vazão depende da precipitação, que é uma variável aleatória, a quantificação da disponibilidade hídrica de longo período deve ser obtida estatisticamente após a observação de níveis e medições de vazões por muitos anos no local de interesse. Infelizmente a existência destes dados em bacias pequenas, como a do rio Cocal, é rara no Brasil. Portanto é necessário utilizar-se de informações regionais para se ter uma estimativa das vazões em locais sem dados e implantar o monitoramento para, a médio prazo, reduzir as incertezas das avaliações".

Em Connecticut (EUA) um estudo foi realizado visando a utilização de SIG na determinação da disponibilidade de manancial subsuperficial para o planejamento de

recursos hídricos e suprimento de água à população. Naquele país a identificação e proteção de suprimentos de águas subterrâneas potáveis para abastecer necessidades futuras é um grave problema e áreas com potencial de abastecimento são protegidas em lei, pelo programa de classificação da qualidade de água do Estado, não se permitindo descargas de poluentes na área (Nystrom *et al*, 1985).

É amplamente reconhecido que para decisões técnico-administrativas efetivas em gerenciamento de recursos hídricos, um banco de dados que integre informações sobre os mananciais é necessário. SIG pode ser utilizado para prover ambos o banco de dados, e um eficiente meio de integração destes dados, para serem usados na tomada de decisões. A tecnologia SIG também provê os meios pelos quais instituições locais e estaduais podem efetivamente usar os recursos hídricos em seus processos de tomada de decisão (Buckley, 1986).

Buckley (1986) em suas conclusões sobre o uso de tecnologia SIG para o gerenciamento de recursos hídricos em Vermont, EUA, afirma que:

" Parece que os sistemas de informação geográfica têm realmente grande potencial para contribuir à solução de complexos problemas de gerenciamento de recursos hídricos. Nosso trabalho tem demonstrado que a tecnologia tem úteis aplicativos à resolução de problemas em uma variedade de escalas, desde formulação de políticas regionais até investigações específicas *"in loco"*.

A importância dos mananciais subterrâneos para a população norte-americana é também evidenciada por Merchant (1994), quando este afirma que

" Durante a última década, a qualidade dos mananciais subterrâneos emergiu como uma das mais relevantes questões ambientais para os cidadãos dos EUA. Existem boas razões para preocupações. Água subterrânea é a principal fonte de água potável para aproximadamente 53 por cento da população nacional, e para 97 por cento daqueles que residem em áreas rurais. Nacionalmente, aproximadamente 40 por cento de todo suprimento público de água, servindo 74 milhões de pessoas, e pelo menos 34 por cento da água utilizada na agricultura, é retirada de mananciais subterrâneos.

Segundo este mesmo autor, há crescentes evidências de contaminação deste manancial e, aliado às incertezas sobre a saúde humana a longo prazo formularam-se pressões sobre agências públicas para melhor gerência deste recurso. SIG tem sido amplamente utilizado para gerência do recurso e modelagem, em virtude da dificuldade de se

monitorar a qualidade da água. A modelagem espacial é então uma excelente ferramenta e bastante implementada em SIG.

Paredes (s/d) aponta inúmeras aplicações de SIG ao planejamento, execução e monitoramento de projetos envolvendo a engenharia hidráulica. A funcionalidade de SIG a estes projetos deve-se principalmente ao fato de integrar em um mesmo banco de dados as informações espaciais e atributos não-gráficos, bem como o inter-relacionamento das variáveis. A execução de modelos e previsões, análises espaciais e de redes são as potenciais capacidades de SIG que podem ser empregadas a projetos hidráulicos. Paredes (s/d) cita ainda as aplicações específicas em: modelo hidrológico superficial, administração e análises de redes e projetos de cálculo do sistema de distribuição de água.

Capítulo 6

Barragens

6.1. Generalidades

6.1.1. Conceituação e Tipos de Barragens

As barragens constituem-se em elementos estruturais destinados à criação de um reservatório artificial, que poderá atender a uma ou mais finalidades. De acordo com Garcez (1962), Shelton (1969) e Morris (1963), estes usos podem ser:

- a) geração de energia elétrica;
- b) regularização de vazões;
- c) abastecimento público e privado de água, forçando a preservação das nascentes;
- d) controle de cheias;
- e) suprimento de reserva para o controle de incêndios;
- f) atividades comerciais, como a pesca, etc.

Para o caso deste estudo, ou seja, locação e projeto de uma barragem cuja finalidade primária é o abastecimento de água da cidade de Cocal do Sul, a bibliografia (Garcez, 1962; Salles, 1993; Linsley & Franzini, 1978) prevê os seguintes tipos de obras, quanto ao material empregado:

- a) de concreto;
 - i) com perfil de gravidade;
 - ii) em arco;
 - iii) de contrafortes.
- a) de terra;
- b) de pedra solta;
- c) de aço, madeira, etc

O quadro 6.1 mostra as principais características de cada um dos principais tipos de estrutura, enfocando suas melhores aplicações e limitações:

Quadro 6.1 - Tipos de barragens e suas características

TIPO	Concreto - Gravidade	Concreto - Contrafortes	Terra e pedra solta
VANTAGENS	<ul style="list-style-type: none"> - grande durabilidade - baixo custo de manutenção - adaptabilidade a qualquer local 	<ul style="list-style-type: none"> - permitem a localização de dispositivos entre os contrafortes, economizando espaço - eliminam, praticamente, a subpressão hidráulica - carga específica quase sempre menor do que o tipo anterior 	<ul style="list-style-type: none"> - mais econômicas - uso limitado à possibilidade de projeto de um extravasor adequado à vazão de enchente - necessitam de manutenção, cujo custo diminui com o assentamento do maciço
LIMITAÇÕES	<ul style="list-style-type: none"> - altura limitada pela resistência do terreno 		<ul style="list-style-type: none"> - as barragens de pedra solta estão sujeitas a notáveis acomodações de material, podendo provocar alterações na estrutura - extravasores adequados à vazão de enchente
OBSERVAÇÕES	<ul style="list-style-type: none"> - Em comparação com as barragens de contraforte, a de gravidade não necessita de armadura, gasta menos cimento por metro cúbico de concreto, menos forma e mão-de-obra; - A barragem de contrafortes, por sua vez, necessita de menor volume de concreto por unidade de comprimento da barragem, e será mais econômica em locais menos acessíveis 		

Em virtude das características de economia, fácil manutenção, adequabilidade ao local de implantação, facilidade construtiva, simplicidade no projeto e segurança (Salles, 1993; Garcez, 1962), optou-se pela barragem de terra como obra de contenção da água para consumo. Descreveremos a seguir algumas peculiaridades destas obras, tipos e processo construtivo a ser utilizado.

6.1.2. Localização e Levantamentos Preliminares

A implantação de um sistema público de abastecimento de água exige que estudos preliminares sejam realizados, para que se tenha conhecimento e definição precisos das obras a serem executadas. Um perfeito diagnóstico da localidade a ser atendida e de todos os fatores que influem ou possam ser influenciados pelas obras deve ser realizado. Dentre estes elementos a serem levantados, destacam Netto & Alvarez (1982) (ver também o capítulo Recursos Hídricos, item 5.4):

- a) planta de levantamento planialtimétrico (1:2000);
- b) dados e informações a respeito da economia local e regional;
- c) levantamento de dados físicos: recursos hídricos, geologia, geomorfologia, hidrologia, clima, infra-estrutura, solos das proximidades ...;

- d) dados demográficos e avaliações de crescimento populacional;
- e) levantamento do sistema de abastecimento ora existente;
- f) levantamento das características quantitativas e qualitativas dos mananciais existentes na região;
- g) avaliação da demanda atual e futura.

Para que uma barragem seja edificada segura, economicamente e com dimensões suficientes para que cumpra seus objetivos, a situação ideal, segundo Babbitt *et al* (1976):

- a) Geologia:
 - i) rocha superficial ou logo abaixo da superfície ou solo que ofereça resistência à percolação;
 - ii) ausência de minerais solúveis objetáveis ou outras substâncias que afetem a qualidade da água;
 - iii) isenção de silte.
- b) Topografia:
 - i) abertura estreita no vale e um rápido alargamento deste a montante, aumentando o volume médio armazenado;
 - ii) taludes laterais íngremes em toda a bacia, minimizando a área a ser indenizada.
- c) Terreno:
 - i) terreno barato a ser submerso;
 - ii) ausência de residências, fazendas, estradas de ferro, ou outros melhoramentos na área a ser submersa.
- d) Culturas e Saneamento
 - i) isento de árvores e moitas (devem ser removidas);
 - ii) ausência de terreno pantanoso e vegetação inadequada, que podem conferir cor, odor ou gosto indesejável à água;
 - iii) bacia hidrográfica livre de poluição e que possa ser protegida;
 - iv) água de qualidade adequada.

6.2. Barragem de Terra

6.2.1. Percolação de Água no Solo

a) Infiltração

A principal causa de rutura em barragem tem sido a infiltração pela base da barragem, carreando o material da fundação. Por este motivo, o estudo prévio do local é imprescindível até para as menores barragens. "Nenhum aterro pode ser considerado impermeável e deve contar-se com a percolação através do aterro, bem como sob ele" (Linsley & Franzini, 1978).

A exploração do solo onde será assentada a fundação deve ser feita por perfurações, sendo o tipo de material estudado do ponto de vista de sua composição, estrutura, estratificação, permeabilidade e poder de sustentação. Associando-se resultados de ensaios com a observação de campo, será possível um projeto seguro do corpo da barragem. As fundações assentadas sobre rochas devem considerar:

- a) limpeza do material indesejável;
- b) evitar explosões, que podem agitar a rocha;
- c) limpar a face exposta do leito rochoso, onde será assentada a fundação, e cobri-la com uma fina camada de argamassa de cimento comum (une a rocha e a estrutura de concreto);
- d) fundação em terreno natural e em cascalho podem exigir consolidação antes da colocação do corpo da barragem.

Apesar de fundações sobre rochas apresentarem-se como ideais em virtude da impermeabilização da base à infiltração de água, barragens podem ser seguramente apoiados em materiais brandos e permeáveis (argilas, piçarra, areia, cascalho). Neste caso, entretanto, deve-se prever tratamento adequado à infiltração que dar-se-á sob o corpo da barragem. Este tratamento envolve a construção de diafragmas (figura 6.1), longas saias a jusante, revestimento com concreto ou asfalto (Babbitt *et al*, 1976); base larga e cobertura impermeável a montante (Linsley & Franzini, 1978).

O freqüente caso de barragem elevada sobre terreno permeável exige que se considere mais este fator no dimensionamento da obra, lembrando que esta permeabilidade

será ainda aumentada em função do acúmulo de água. O maior problema causado pela infiltração e conseqüente fluxo de água sob a barragem é o carreamento do material de fundação.

Para evitar o problema ou, ao menos fazer com que o fluxo d'água percorra caminhos mais longos, convém a construção de diafragmas de material impermeabilizante (concreto, metal, ...) representados por (figura 6.1):

- material disposto no sentido vertical, da base da barragem à camada impermeável de\o solo (a);
- material disposto verticalmente, sem contudo alcançar a camada impermeabilizante (b);
- material disposto do centro à montante, confeccionando um lençol impermeável (c);
- conjugação dos métodos anteriores.

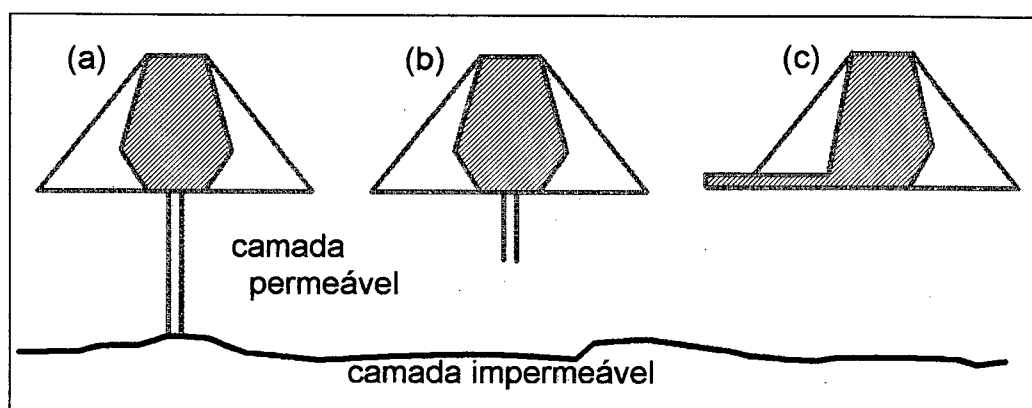


Figura 6.1 - Formas de remediar a infiltração. Fonte: Garcez, 1962.

O cálculo da capacidade de infiltração, isto é, taxa de infiltração quando da disponibilidade de água na superfície, é caracterizada por diversos autores (Magalhães, 1989). A formulação de Horton (1940) explicita a capacidade de infiltração (f_c) como sendo:

$$f_c = K_{sat} + (f_{co} - K_{sat}) \cdot e^{-kt} \quad (6.1)$$

onde f_{co} é a taxa inicial de infiltração; K_{sat} é o índice de saturação do solo; t é o tempo decorrido e; k uma constante dependente do solo e umidade inicial.

b) Cálculo da linha de saturação

A linha de saturação consiste da linha mais elevada de fluxo que atravessa a barragem, dividindo-a em duas zonas distintas: seca e úmida, ou seja, sem pressão hidrostática e com pressão hidrostática respectivamente.

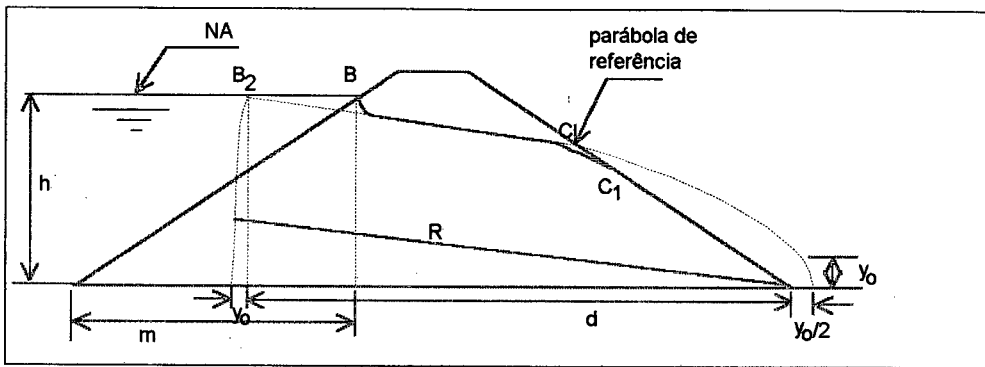


Figura 6.2 - Linha de saturação. Fonte: Garcez, 1962

Segundo Casagrande in Garcez (1962), a parábola que passa pelo ponto B_2 (figura 6.2) se confunde sensivelmente com a linha de saturação do maciço, sendo $BB_2 = 0,3$ m. Da equação da parábola que relaciona x à y , temos:

$$(x + y_0)^2 = x^2 + y^2 \Rightarrow x = \left(\frac{y^2 - y_0^2}{2y_0} \right) \quad (6.2)$$

fazendo-se $y=h$ e $x=d$, tem-se:

$$y_0 = \sqrt{d^2 + h^2} - d \quad (6.3)$$

Para a figura 6.2, caso de uma barragem construída com material homogêneo e sobre uma base impermeável, a linha superior de fluxo inicia no ponto B, atravessa o maciço e sai no ponto C_1 .

O conhecimento das consequências existentes em função da existência da linha de saturação e a necessidade de se remediar seu efeito negativo é um dos principais motivadores do desenvolvimento na construção das barragens de terra. As técnicas desenvolvidas e os materiais utilizados subdividem as barragens de terra em três tipos:

a) Material Homogêneo - O tipo mais simples de barragem de terra, construída integralmente com apenas um tipo de material, tem sua impermeabilidade resultante do revestimento a montante por placas de concreto ou terra argilosa. Neste tipo de barragem a linha de saturação é desfavorável (figura 6.3, a)), seja ela feita de terreno arenoso (permeabilidade excessiva) ou terreno argiloso (fendas devido à alternância entre excesso de umidade e seca);

b) Material Heterogêneo - Aqui coloca-se uma camada com maior impermeabilidade ao centro, que será protegida por aquela disposta junto às faces externas (figura 6.3, b)). Este tipo de barragem (tipo "inglês") também tem a vantagem de deprimir a linha de saturação, construindo-se a jusante uma camada filtrante ligada a um dreno disposto

na mesma face;

c) Diafragma de Concreto (tipo "americano") - Semelhante ao modo anterior, havendo entretanto a substituição do núcleo impermeabilizante por um diafragma de concreto armado. A limitação deste modelo está na incapacidade do concreto em acompanhar o movimento de acomodação do material de que é feita a barragem, podendo vir a romper-se frente à excessiva sollicitação que sofre (figura 6.3, c))

Recomenda ainda Vargas (1977) que, em virtude de não serem bem conhecidas as condições de contorno superior (linha de fluxo mais elevada) em barragens e diques de terra, estes dever ser determinados a posteriori.

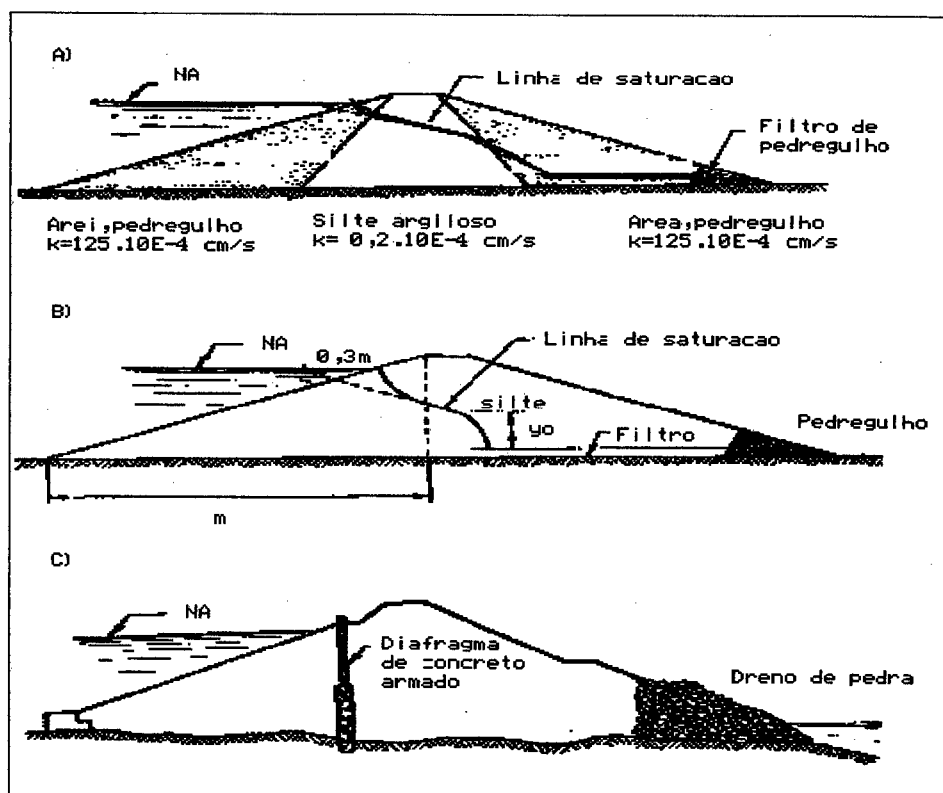


Figura 6.3 - Diferentes constituições das barragens de terra e comportamento da linha de saturação. Fonte: Garcez, 1962

6.2.2. Zoneamento do Maciço

Dentre os elementos que merecem destaque no projeto de barragens de terra, Salles (1993) ressalta a importância do zoneamento do maciço e da compreensão das características e situações a que está sujeita cada região. A figura 6.4 apresenta este zoneamento, cujas características comuns são (Salles, 1993):

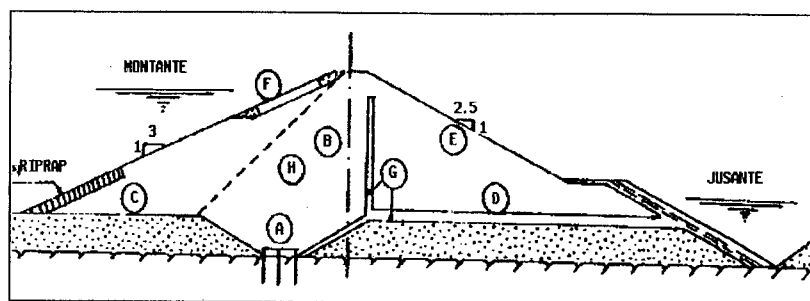


Figura 6.4 - Zoneamento do maciço. Fonte: Salles, 1993.

- A : aderência com a fundação, estanqueidade e plasticidade;
- B : impermeabilidade, plasticidade do maciço suficiente para adaptar-se aos prováveis movimentos de recalques superficiais;
- C : resistência elevada para evitar cisalhamento, antes ou após a saturação decorrente do enchimento do lago e, também, reduzida compressibilidade após a saturação;
- D : ângulo de atrito suficiente para oferecer a máxima resistência ao cisalhamento, a curto e longo prazos;
- E : o material utilizado deverá ter elevado índice de coesão para manter uniformes parâmetros de equilíbrio, e oferecer forte resistência às permanentes ações erosivas;
- F : dissipadores de energia no paramento de montante deverão apresentar suficientes condições de resistência para resistir aos embates permanentes oriundos das ondas formadas no reservatório;
- G : a fim de impedir a migração dos sedimentos de granulometria mais fina, os filtros deverão ter condições de proporcionar permeabilidade livre, para adequada acomodação destas partículas na textura global;
- H : núcleo homogêneo.

6.3. Metodologia Construtiva

6.3.1. Etapas na Construção de uma Barragem de Terra

Netto & Alvarez (1982) quanto aos constituintes de uma estação de captação e tomada de água, afirmam que devem ser considerados os seguintes itens:

- barragens de acumulação ou de manutenção de nível;
- dispositivos de tomada de água, devidamente protegidos do acesso de materiais em suspensão;
- mecanismos de controle da entrada de água;
- tubulações e órgãos acessórios (registros, ventosas, ...);
- poços de sucção das bombas (para conjuntos elevatórios).

A seqüência dos trabalhos a serem realizados é a seguinte (figura 6.5)(Garcez, 1962):

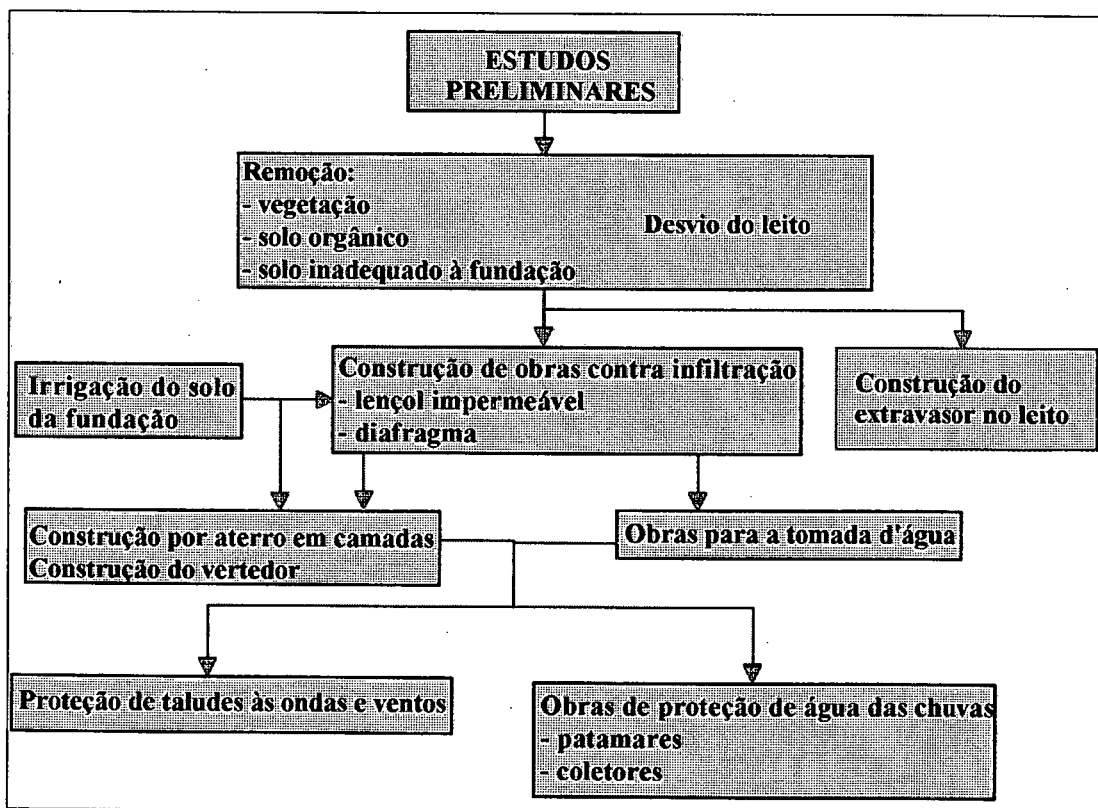


Figura 6.5 - Esquema de execução de uma barragem de terra

Levantamentos preliminares, levando em conta aspectos de topografia, altimetria, investigações geológicas, disponibilidade de material à construção, hidrologia,

cadastro de áreas invadidas e utilidades públicas (estradas) afetadas são necessárias antes da construção, para a correta locação da barragem. Também uma investigação preliminar de sobrecarga é bastante importante para conferir segurança à fundação da obra. Salles (1993) afirma que os detalhes (locações, vertedores e extravasores) para esta fase podem ser desenhados em plantas 1:10.000 a 1:50.000 (para barragens de grande porte).

A existência de material adequado à execução do aterro nas proximidades do local previsto para a obra é uma questão importante, podendo ser motivo de inviabilização da estrutura. O empréstimo de locais distantes pode ser oneroso em virtude do longo transporte com caminhões.

Uma vez realizados estes estudos preliminares, deve-se determinar o exato local de implantação da obra, bem como o tipo de obra a ser utilizado. Um estudo topográfico e geológico mais acurado também é necessário, determinando-se peculiaridades em relação às fundações, estabilidade de paramentos, percolação e características dos solos que possam ser usados no maciço.

O passo seguinte é a remoção de elementos e materiais indesejáveis e que constituem-se em estorvo à construção da obra (vegetação, solo impróprio). O armazenamento indesejável de água em contato com a vegetação torna necessário o corte de árvores e de plantas rasteiras, queimando-se a grama e as ervas daninhas. A existência de áreas pantanosas requer que estas sejam drenadas e algumas vezes escavadas e aterradas.

A escarificação da superfície confere a rugosidade necessária à implantação da primeira camada. A irrigação evita que haja separabilidade entre camadas.

Quanto ao processo construtivo, a barragem de terra pode ser edificada por aterro hidráulico, aterro semi-hidráulico ou aterro compactado. Este estudo deterá sua atenção aos detalhes construtivos do último processo, visto que apresenta grandes vantagens de segurança e estabilidade da estrutura, além de ser o mais utilizado (Babbitt *et al*, 1976; Linsley & Franzini, 1978; Salles, 1993).

Logo após a limpeza da área prevista para inundação é necessário que se realize o desvio do curso do rio para que se possa dar prosseguimento às obras de colocação da tubulação e construção do aterro. Segundo Babbitt *et al* (1976) podem ser feitos:

- a) canais abertos à volta do local;
- b) encerramento do local numa ensecadeira;

- c) desvio do curso de água para outra bacia hidrográfica ou;
- d) descarregar o fluxo através de uma porção já concluída.

De acordo com o tipo de barragem projetada, a primeira camada deverá constituir-se de lençol impermeável de concreto, estendendo-se de montante até o núcleo da obra. No núcleo é realizada perfuração para inserção do diafragma projetado.

Quanto a rugosidade adequada, insere-se camada de terra de, aproximadamente, 20 cm, que é irrigada até atingir umidade ótima, e compactada com "pé-de-carneiro". Neste trabalho optou-se pelo aterro em camadas, ao invés do hidráulico ou semi-hidráulico, principalmente em virtude de permitir uma construção mais acurada, melhor seleção e graduação do material aplicado, controle da umidade ótima e, conseqüentemente, maior segurança (Garcez, 1962). O núcleo central deve ser construído com argila com elevada plasticidade.

À excessão do núcleo, que deve ser impermeável, os materiais de maior permeabilidade devem ser dispostos à montante, aumentando-se também progressivamente a permeabilidade à medida que se aproxima da face jusante. Esta disposição visa principalmente reduzir a percolação e a influência da linha de saturação sobre a estabilidade da barragem. Paralelamente à construção das camadas de terra, é necessário que se realizem as obras para locação do extravasor e da tubulação para tomada de água junto à barragem.

Uma vez que esteja pronta a crista e, tendo o material tido tempo suficiente para o assentamento inicial, passa-se a obras complementares. Estas constituem-se de coletores de águas pluviais e proteção contra ondas e ventos. Para este último caso, pode ser necessário um revestimento com concreto armado (espessura de 0,15 m), que já funciona como material impermeabilizante à barragem; ou apenas pedras colocadas à mão revestidas com argamassa de cimento. A proteção contra águas pluviais refere-se à construção de pequenos patamares, no talude, para coleta de águas das chuvas.

6.3.2. Detalhes da Edificação de uma Barragem de Terra

a) Taludes do Maciço

Pressupondo um barragem com altura média não superior a 10m, as recomendações quanto às inclinações dos taludes desta estrutura são as seguintes:

declividade dos taludes de montante e jusante: 1,5:1 e 2:1, respectivamente (Garcez, 1962); montante 1:2 ou 1:3 e jusante dimensões entre 1:2 e 1:4 (Salles, 1993).

A respeito da edificação dos taludes do maciço, Babbitt *et al* (1976) apresenta 3 importantes considerações a serem feitas: (1) estabilidade do material em diversas condições de umidade; (2) poder de sustentação do material das fundações; (3) resistência do solo à percolação de água. O mesmo autor afirma a insegurança em se prever a inclinação para os taludes sem o prévio conhecimento destes fatores, pois há uma variação muito grande de terreno de uma área para a outra. Todavia, para estruturas com menos de 7,5 m de altura o autor considera prudente ter-se talude a montante de 2,5 x 1 e talude a jusante de 3 x 1. As barragens mais altas devem ainda considerar, segundo o autor:

- i) estabilidade do solo contra encharcamento quando saturado;
- ii) resistência à percolação;
- iii) exequibilidade para operações de construção;
- iv) solubilidade dos componentes minerais;
- v) poder de sustentação;
- vi) custos de escavação, transporte, ...

Para a proteção dos taludes, Babbitt recomenda, contra ondas e ventos: pedra britada, lajes ou blocos de concreto, ou conchões de fibra. Esta proteção deverá estender-se da crista até 1,5 m abaixo do mais baixo nível operacional.

b) Crista ou Coroamento

Babbitt *et al* (1976) citam como largura mínima W (em pés) para a crista aquela resultante da fórmula:

$$W = 2 \cdot \sqrt{H} + 3 \quad (6.4)$$

sendo H a altura da barragem. A largura total raramente será inferior a 3 ou 3,6 m. A fórmula proposta por Linsley & Franzini (1978) pode ser considerada mais conservadora:

$$B = \frac{H_d}{5} + 3 \quad (6.5)$$

Salles (1993), de acordo com o Código de Barragens do Arizona, EUA, apresenta dimensão de 3.00 metros de largura para o coroamento de barragens com até 12 metros de altura.

Altura Adicional: é introduzida para evitar os danos produzidos pelas ondas e ventos e para evitar a submersão da represa pela enchente. Constitui a distância entre o nível mais alto da água e a crista da obra. Babbitt *et al* (1976) aconselha o uso da fórmula de Stevenson:

$$H = 1,5 \cdot \sqrt{D} + (2,5 - 4 \sqrt{D}), \quad (6.6)$$

onde H = altura das ondas, em pés, D é o comprimento horizontal do espelho líquido, em milhas.

Salles (1993) recomenda 2.50 metros de altura adicional para represas com altura inferior a 20 metros.

c) Núcleos e Muros de Vedação

Os núcleos são corpos impermeáveis colocados no centro ou na direção da face a montante a fim de evitar a percolação através do corpo da barragem, reduzindo a influência danosa da linha de saturação.

Para confecção do núcleo é geralmente usado concreto, barro amassado ou terra trabalhada. No caso de concreto, Babbitt *et al* (1976) afirma que núcleos de concreto com espessura no topo de 30 cm e inclinação 1:100 mostram resultados satisfatórios. Deve ser suficientemente alto para atender à segurança necessária.

O *U. S. Bureau of Reclamation* in Babbitt *et al* (1976) apresenta como pontos fundamentais na constituição do núcleo:

- a) o material deve constituir-se de uma massa homogênea isenta de qualquer trajetória potencial de percolação;
- b) o solo deve ser suficientemente impermeável para excluir perda excessiva de água através da barragem;
- c) o material não deve consolidar excessivamente com o peso do aterro;
- d) o solo deve ser colocado de modo a desenvolver e a manter a sua capacidade máxima de resistência ao cisalhamento;
- e) o material não deve amolecer demais quando saturado.

d) Extravasores

Atuam como elementos de segurança nos momentos em que a vazão é muito superior ou perigosa à estabilidade da barragem. Deve ter dimensões para permitir o escoamento máximo que possa ocorrer na seção considerada.

Para reservatórios com pequeno volume de armazenamento, como é o caso deste estudo, a vazão de enchente é praticamente igual à máxima vazão do curso de água (Garcez, 1962).

Em barragens de terra localizadas em vales estreitos, onde o escoamento direto não é possível, o tipo de extravasor mais utilizado é aquele com Canal Lateral, sendo o escoamento feito através de um extravasor para um canal paralelo à soleira dele. Caso contrário, o extravasor mais utilizado é aquele com soleira arredondada e face a jusante concordando com a face inferior da veia líquida correspondente à máxima vazão (Garcez, 1962).

O vertedor é um importante componente das barragens de terra, responsável pela segurança do corpo da barragem durante inundações. Para o projeto de um vertedor devem ser conhecidas a sua capacidade de descarga e o valor da descarga máxima do reservatório, em função da maior enchente registrada (v. capítulo 5 - Recursos Hídricos)

Para o cálculo do extravasor da barragem, deve-se prever a maior carga admissível (ou maior vazão esperada) para uma série de precipitações de 50 anos (Netto & Alvarez, 1982). A formulação proposta por Creager & Escand in Netto & Alvarez (1982) é:

$$Q = 2,2.L.H^{3/2} \quad (6.7)$$

sendo L a largura do extravasor (m) e H a sua altura (m).

e) Obras Complementares

e1) Banquetas

Constituem-se de interrupções horizontais nos taludes, a fim de suportar revestimento e conferir maior estabilidade à estrutura. Na face a montante são submersas, ao passo que na de jusante interrompem o fluxo de água descendo pela face, criando canais de drenagem que reduzem a velocidade e os danos causados ao aterro.

e2) Cobertas

Constituem-se de camadas de material altamente impermeável colocado sob o maciço, sobre o talude de montante ou sobre o fundo do reservatório, servindo para reduzir o infiltração. São utilizados quando o custo do núcleo é muito elevado. Quando for empregado material de boa impermeabilidade, a camada terá 0,60 m.

e3) Drenos

São dispostos na superfície da barragem, visando carrear de forma segura o excesso de escoamento, evitando assim o processo erosivo.

Também podem ser utilizados drenos internos, dispostos a jusante, a fim de carrear a água proveniente de infiltração para um filtro construído para este fim.

6.3.3. Segurança

Segundo Middlebrooks in Babbitt *et al* (1976) alguns princípios seguros na construção de uma barragem de terra são:

- a) calcular corretamente o vertedouro, adicionando-lhe altura extra para evitar submersão;
- b) a fundação e o maciço de terra não devem ser sobrecarregados em cisalhamento;
- c) controle de infiltração. Evitar dreno de tubos no maciço;
- d) usar diafragmas para leitos rochosos e também drenos a jusante, quando necessário;
- e) projetar condutos de modo conservador;
- f) incluir proteção dos taludes;
- g) atenção a compactação do talude;
- h) evitar rachaduras devido ao assentamento do aterro. O núcleo deve se deformar sem rachar.

A nível de segurança, devem ser ainda considerados os seguintes pontos:

a) *Siltagem dos Reservatórios*

Anualmente, o reservatório de acumulação sofre perdas na sua capacidade devido ao acúmulo de silte carregado pelas águas dos rios que contribuem para o preenchimento do reservatório. A siltagem deve ser evitada através da seleção do local, controle de erosão e obras de desiltagem. Assim, propõe-se a localização do reservatório em rio não portador de silte ou o reservatório pode ser escolhido numa bacia fora do canal principal, na menor área de drenagem possível.

Babbitt *et al* (1976) afirma que depois que o silte se deposita num reservatório o único método para removê-lo é através da operação de comportas na barragem, lavando o silte em momentos de grande vazão.

Shelton (1969) recomenda a avaliação do transporte de sedimentos

previamente à construção da obra, ainda na fase de avaliação e pesquisas preliminares.

b) Controle da Erosão

O assoreamento de reservatórios está intimamente relacionado à erosão do solo e seu controle. Métodos de prevenção adequados incluem: rotação de culturas, aragem de contorno, terraços, plantação desfolhante, canais protegidos, barragens de contenção, reflorestamento, controle de pastagens, entre outros.

c) Problemas dos Reservatórios

Dentre os principais problemas dos reservatórios, cabe destacar ainda: área e terreno a serem inundados; tipo e capacidade do vertedouro; curso das enchentes; controle de doenças; problemas recreacionais; caça e pesca; suprimento de alimentos e agricultura; desenvolvimento industrial; segurança e; drenagem. Deve-se evitar água rasa e grandes área alternadamente expostas e inundadas ao longo das margens.

Capítulo 7

Descrição da Área de Estudos e Material Disponível para Pesquisa

Descrevem-se a seguir as principais características da área selecionada para estudos, realçando aspectos relevantes à realização deste trabalho. Ao final do capítulo dispõe-se o material básico utilizado para efetuar a fase prática deste trabalho, bem como uma breve descrição das principais características dos SIG utilizados.

7.1. Histórico

O Município de Cocal do Sul é bastante recente, tendo sido emancipado do Município de Urussanga a partir da publicação da Lei Estadual 8352, de 26/09/91. Todos os três poderes do município encontram-se ainda no primeiro mandato.

A ocupação territorial do Município de Cocal do Sul teve seu início efetivo a partir da chegada de grandes levas de imigrantes italianos, principalmente a partir de 1878. Colonizou-se assim todo o Vale do Rio Urussanga. A região guarda ainda fortes traços desta colonização, quer na arquitetura das casas, quer no modo de vida e tradições da população.

A população, desta forma, compõe-se basicamente de descendentes de imigrantes italianos, havendo uma minoria de descendentes de alemães e poloneses. O censo realizado pelo IBGE em 1991 registrou uma população residente de 11894 habitantes, com índice de crescimento bastante elevado, de 3.05%. Por outro lado, o censo realizado em 1993 pela Prefeitura Municipal contou uma população de 12092 habitantes (9427 hab. na área urbana e 2640 hab. na área rural), computando índice de crescimento de 1,01%.

7.2. Localização Geográfica e Área

A área de estudo considera a microbacia hidrográfica do rio Cocal, arbitrando-se a sua foz na zona urbana (figura 7.1). Como pode-se notar, a área está situada inteiramente dentro do Município de Cocal do Sul, Região Sul do Estado de Santa Catarina estando delimitada pelas coordenadas $28^{\circ}33'S$ a $28^{\circ}39'S$ e $49^{\circ}15' W$ a $49^{\circ}25' W$. São municípios limítrofes: ao Norte, Pedras Grandes e Urussanga; ao Sul, Criciúma e Morro da Fumaça; a Oeste, Siderópolis e; a Leste, Morro da Fumaça.

Englobando 27.73 km^2 de área, a microbacia ocupa praticamente 35% da área total do município em que se insere, este com 81 km^2 .

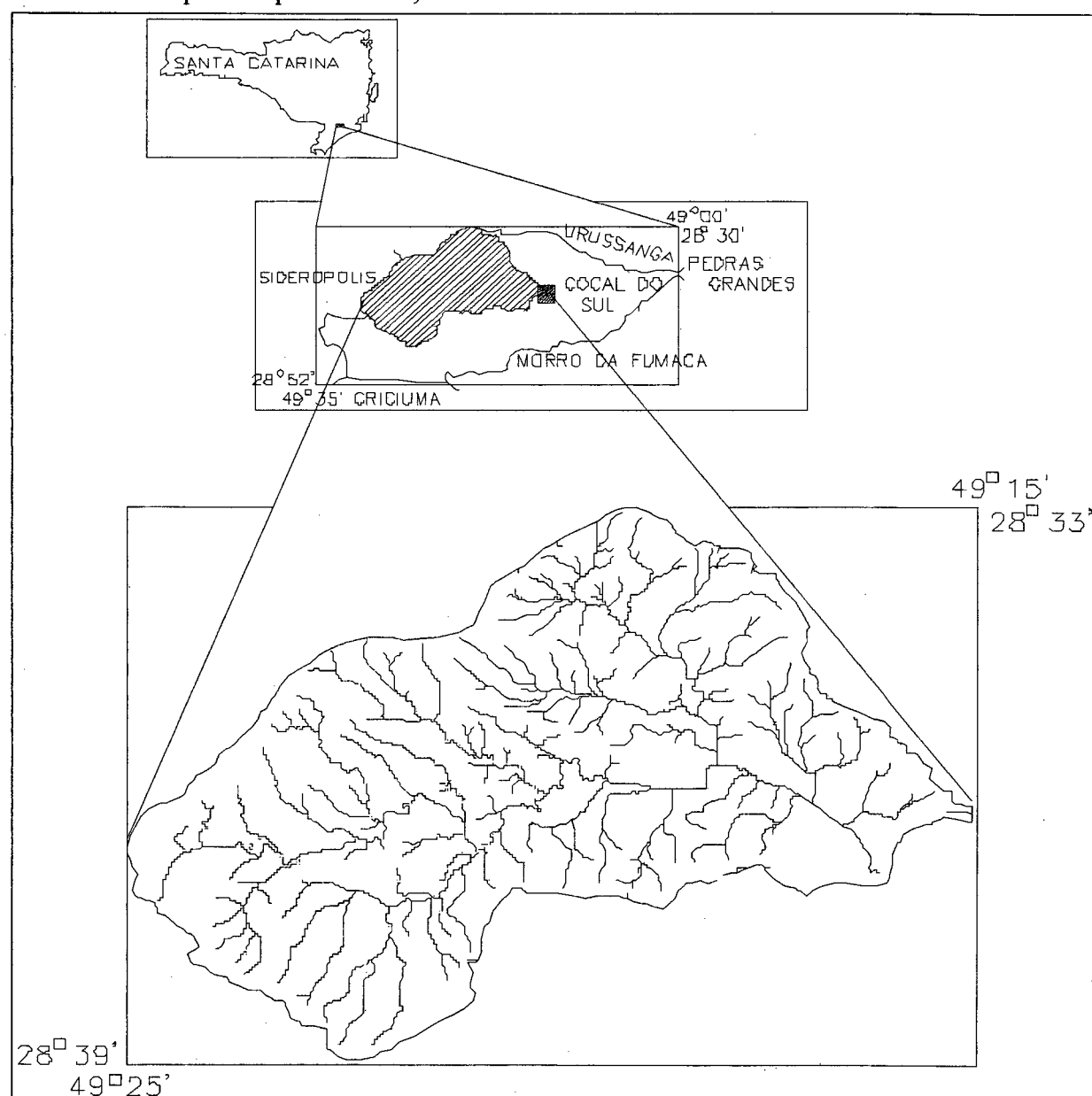


Figura 7.1 - Localização Geográfica da Microbacia a nível Municipal e Estadual

7.3. Aspectos Sócio-Econômicos

A indústria cerâmica Eliane é o maior expoente a nível empresarial, gerando grande parte da arrecadação de impostos do município. Também pode-se destacar a presença de outros empreendimentos menores, como é o caso de serrarias, indústrias de móveis, olarias, confecções, pré-moldados e transportadora.

Analisando-se aspectos relativos ao uso do solo, Seiffert (1994) identificou nas fotos aéreas obtidas em 1992 as seguintes culturas principais: arroz, feijão, milho, trigo, mandioca e batata inglesa, além de uma fruticultura bastante significativa representada por cítricos, banana, entre outros.

O comércio é ainda bastante limitado, em virtude da pequena população residente. Compõe-se de lojas de confecções, farmácias, mercearias, lanchonete, açougues, etc. O sistema bancário está representado por duas agências.

7.4. Aspectos Fisiográficos e Climatológicos

Para o estudo que ora se apresenta, a caracterização de elementos físicos da área de estudo, bem como dos fenômenos naturais que ali ocorrem, é de suma importância à mensuração dos parâmetros dos cálculos que se realizam na seqüência deste relatório.

Os dados que a seguir se apresentam provém de laudos técnicos (Ávila, 1993; Tucci, 1993), da estação meteorológica coordenada pelo EPAGRI (na cidade de Urussanga), relatórios da Companhia Carbonífera Urussanga (CCU) sobre as vazões do Rio Cocal e da Base Documental de Dados elaborada por Seiffert (1994).

7.4.1. Formação Geológica e Hidrogeologia

Resume-se a seguir as principais características da geologia local. Maiores informações podem ser obtidas na descrição feita por Ávila (1993). O autor demonstra a ocorrência de 5 distintas formações: Rio Bonito, Palermo, Irati, Serra Geral e Sedimentos Quaternários.

a) Formação Rio Bonito

É a mais importante formação da área, sendo constituída por rochas

sedimentares compostas de três membros: Triunfo (basal, arenosa), Paraguaçu (intermediário, siltico-argiloso) e Siderópolis (superior, areno-argilosa e com os principais depósitos de carvão).

No membro Triunfo são predominantes litologias arenosas, de granulometria média a fina, ocorrendo também siltitos e arenitos grosseiros. Bortoluzzi *et al in* Ávila (1993) caracteriza este membro como constituído predominantemente por arenitos subarcosianos e arcóseos (84% do total); folhelhos e siltitos (16% do total, com os siltitos ocupando 15,5%)

O membro Paraguaçu apresenta siltitos e siltitos arenosos com alguns níveis de arenito fino. "Os siltitos apresentam coloração cinza e cinza escuro até o preto, sendo ora maciços, ora com laminações paralelas ou subparalelas, decorrência de lâminas de arenitos finos. Os arenitos são quartzo-feldspáticos de granulometria fina a muito fina. Secundariamente ocorrem argilas, folhelhos e arenitos finos e camadas de calcário, camadas de carvão no topo e na base" (Ávila, 1993)

O membro Siderópolis, localizado no topo da formação, apresenta constituição predominantemente arenosa (75%), siltitos (15,7%), folhelhos (4,3%), calcáreo (0,58%) e carvão (1,5%). É limitado na parte inferior pela camada de carvão Bonito (ou equivalentes estratigráficos) e na parte superior pela Formação Palermo. Intrusões de diabásio ocorrem com frequência.

Ávila (1993) caracteriza a Formação Rio Bonito como aquela que apresenta a melhor comportamento hidrogeológico, em virtude dos seguintes fatores: variações litológicas laterais e verticais, parâmetros dimensionais (extensão, geometria, espessura, estratigrafia) e condições de recarga e descarga.

Nas cabeceiras do Rio Cocal a infiltração é prejudicada em função da elevada declividade do terreno, que facilita o escoamento superficial; no entanto, à medida em que se afasta em direção à cidade de Cocal do Sul, a menor declividade favorece a menor velocidade das águas e sua permanência por mais tempo na superfície do terreno e, conseqüentemente, facilitando a infiltração. A descarga é realizada através de rios e nascentes.

b) Formação Palermo

Com espessura da ordem de 100m, o Palermo aflora circundando os corpos de diabásio que ocorrem nos flancos Noroeste (NW) e sudoeste (SW). Seu contato com as Formações Rio Bonito e Irati ocorrem por uma zona de transição.

A composição litológica é caracterizada pela presença de siltitos arenosos, siltitos e folhelhos com intercalações delgadas e interlaminações de arenitos muito finos. Sua superfície apresenta cores amarelo-esverdeadas, em razão do processo de alteração.

Segundo Ávila (1993), "a formação deve ter ocorrido em ambiente de águas rasas em condições de baixa energia, sob a influência de fraca a moderada ação das ondas, eventualmente afetadas por pequenos canais".

As características desta formação imprimem-lhe um comportamento de aquífero, com estratos praticamente horizontais e atuando como semi-confinantes da Formação Rio Bonito. Contribui para a manutenção das potencialidades hídricas da Formação Rio Bonito na medida em que transmite a água muito lentamente, mas com constância, à camada semi-confinada.

c) Formação Irati

Aflorando nos contatos das intrusões de diabásio, consiste de folhelhos e argilitos de cores amareladas em virtude do processo de alteração. Todas as camadas contém pirita.

O seu comportamento hidrogeológico a caracteriza como um aquífero, pois suas rochas apresentam transmissibilidade e armazenamento hídrico insignificantes.

d) Formação Serra Geral

Constitui-se de rochas basálticas, intrusivas, textura afanítica de coloração cinza escura e negra. Ocorrem na região na forma de sills e diques (diabásios), provenientes de intrusões de rochas básicas, que cristalizam-se a meio caminho entre a fonte de origem e a superfície.

Apresenta importante papel na hidrogeologia da região em função de: fácil percolação da água na interfície com a Formação Irati (dreno vertical descendente) e; o grau de faturamento, aliado à espessura da camada de solo, permitem que um volume considerável de água se armazene, alimentando as surgências existentes nas interfície com a Formação Irati.

e) Sedimentos Quaternários

Os sedimentos quaternários ocorrem na porção Nordeste (NE), sendo

formados por sedimentos detríticos areno-argilosos com presença de seixos de basalto. Representam pequena importância a nível de hidrogeologia, em função da pequena área que ocupam.

7.4.2. Geomorfologia

Segundo Rosa & Hermann in Ávila (1993) a área em questão (microbacia) encontra-se enclavada no Domínio Sedimentar, com cotas variando entre 54 a 364 m.

Em sua porção Oeste (W) ocorre uma maior elevação do relevo, com vales encaixados e vertentes mais íngremes. A Noroeste (NW) e Sudeste (SE) ocorre intrusão da rocha da Formação Serra Geral (dique e sill).

Há ocorrência de vales mais largos, encostas mais suaves e menores declividades nas áreas onde se apresenta a Formação Rio Bonito, Membro Triunfo. Na mesma formação, entretanto nos Membros Siderópolis e Formação Palermo e Irati há a formação de degraus mais íngremes.

7.4.3. Características Climatológicas

a) Clima

A classificação climática de Koeppen enquadra a região no clima do grupo C, tipo f e sub-tipo a: mesotérmico temperado, sem estação seca distinta e com verão quente. Os dados para classificação climática da microbacia foram coletados junto à estação meteorológica do INEMET (28°31' S, 49°19' W), sob responsabilidade do EPAGRI, em Urussanga (EPAGRI, 1993).

As temperaturas médias mais elevadas foram registradas nos meses de janeiro (23.4 °C) e fevereiro (23.2 °C) e a média mais baixa no mês de julho (14.6 °C). A temperatura média anual é de 19.4 °C, com amplitude térmica entre verão e inverno da ordem de 10 °C. A mínima e máxima absolutas já registradas são de -6 °C e 41.7°C, respectivamente.

A umidade relativa do ar distribui-se bastante uniformemente ao longo do ano, sendo obtidos os valores médio mínimo de 75.9 % em dezembro e médio máximo de 83.6 %, no mês de junho (EPAGRI, 1993).

b) *Vazão superficial*

Os dados fornecidos pela Companhia Carbonífera Urussanga e publicados por Ávila (1993) apresentam um escoamento mínimo de 350 m³/h e máximo de 1500 m³/h.

c) *Pluviometria*

A pluviometria da área de estudo foi caracterizada a partir da estação de Urussanga que, segundo Ávila (1993), preenche os requisitos necessários às observações realizadas (Figura 7.2).

A série de dados mensais obtidos, de 1924 a 1995 (Anexo D), permite verificar um índice mensal médio de 129 mm, sendo a máxima e mínima mensais de 502.7 e 12.5, respectivamente. A variação sazonal das precipitação é a seguinte: 34% no verão, 22% no outono, 20% no inverno e 24% na primavera, sendo os meses mais e menos chuvosos fevereiro e junho, respectivamente. Não destaca-se estação seca, ou seja, a pluviometria média mínima situa-se acima de 60 mm (EPAGRI, 1993)

As chuvas ocorridas no verão são de caráter mais intenso e, portanto, possuem alto poder erosivo. Dados do EPAGRI apontam que os meses de verão contribuem com 40% de toda erosividade anual.

Foi obtido junto a CCU o estudo da frequência de estiagens e secas semelhantes ou piores que a do mês de junho/93, nas regiões de Cocal do Sul e Urussanga. As observações registradas encontram-se no quadro 7.1.

Quadro 7.1 - *Frequência de estiagens e secas*

Anos	Precipit. (mm)	Repetições das estiagens/secas (anos)
1924	37,2	
1940	30,5	6
1942	15,8	2
1948	12,5	6
1950	33,6	2
1951	35	1
1953	21,7	2
1955	21,2	2
1962	39,5	7
1963	30	1
1965	38,5	2
1978	21,1	13
1979	29,4	1
1986	22,3	7
1993	39,9	7

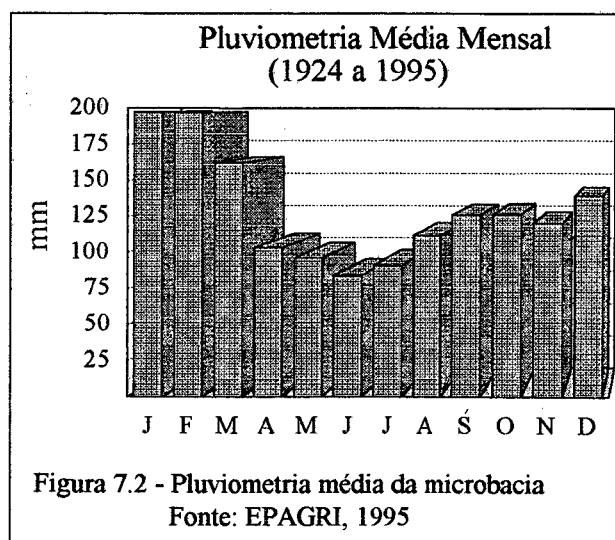


Figura 7.2 - *Pluviometria média da microbacia*
Fonte: EPAGRI, 1995

7.4.4. Declividade

Seiffert (1994) descreve o relevo em função do mapa hipsométrico. Segundo o autor, entre as cotas 55m a 90m predomina o relevo suave ondulado a plano; entre 90m até 150m ocorre predominância de relevo forte ondulado; entre 150m e 200m o relevo é predominantemente ondulado, podendo chegar a ondulado; volta a ser predominantemente ondulado entre 200m e 250m e; forte ondulado a montanhoso entre 250m e 364m.

A partir do mapa de altimetria obtido na forma digital e utilizado por Seiffert (1994), foi possível a partir de modelos que relevam condições de contorno presentes nos softwares SPANS e IDRISI que se determinasse o mapa de declividade (quadro 7.1). O cruzamento deste mapa com o mapa hipsométrico confirma o perfil apresentado por Seiffert (1994) no parágrafo anterior.

Quadro 7.2 - Relatório de declividade emitido pelo SPANS

Relevo			
Classe de Relevo	Declividade %	Área	
		km ²	%
plano	0 a 3	7,30	26,3
suave ondulado	3 a 8	3,65	13,2
ondulado	8 a 20	9,50	34,3
forte ondulado	20 a 45	6,20	22,3
montanhoso	45 a 75	0,98	3,5
escarpado	>75	0,09	0,4
total		27,72	100

7.4.5. Composição dos Solos

A descrição dos solos foi obtida a partir da Base Documental para o Município de Cocal do Sul, produzida por Seiffert (1994).

Foi detectada a presença de 5 tipos distintos de solos, classificados nas séries Vila Nova, Cerâmica, Cocal, Lauro Muller e Sanga Areia. O quadro 7.3 apresenta um resumo dos dados relevantes sobre o solo de Cocal do Sul.

Quadro 7.3 - Principais aspectos relacionados aos solos presentes na microbacia. Fonte: Seiffert, 1995

Tipo	Altitude	Série	Área		Mat. de Origem
			ha	%	
Cambisoló álico	< 60m	Vila Nova	380,85	13,73	sedimentos recentes
podzólico vermelho-escuro	60 a 90	Cerâmica	709,93	25,6	argilitos róseos
cambisoló distrófico	90 a 170	Cocal	975,93	35,19	arenitos brancos, róseos e amarelados de granulação fina
podzólico vermelho-amarelo	170 a 200/250	Lauro Muller	356,50	12,86	argilitos amarelados, folhelhos, sistitos e arenitos e presença de minério de carvão acima de 170m
terra roxa estrutur.	200/250 a 364	Sanga Areia	349,95	12,62	lavas basálticas
total			2.773,16	100	

7.4.6. Recursos Hídricos

Não existe, na área da microbacia em estudo nenhum afluente de maior destaque ao Rio Cocal, sendo as descargas que recebe provenientes de pequenos córregos e riachos.

Os estudos encontrados a respeito da quantificação do volume de água que escoava pelo rio Cocal na altura da zona urbana (área de captação de água para o abastecimento) são escassos e baseiam-se em insuficientes séries de dados hidrométricos ou na precipitação ocorrida na área drenada pelo rio (aproximadamente 28 km²). Estas estimativas são bastante imprecisas, pois levam em consideração dados provenientes de estação agrometeorológica situada fora dos limites da área em estudo (cerca de 10 km da foz da microbacia), além de generalizar fatores importantes como o comportamento hidrodinâmico da geologia local e fatores de vegetação e clima..

Entretanto, para se ter uma idéia do volume de água disponível na foz da microbacia (figura 7.1), apresenta-se a metodologia adotada por Seiffert (1994) tendo por base a precipitação, área drenada, índice de evapotranspiração de 0.60 e escoamento da ordem de 40 % (quadro 7.4).

Quadro 7.4 - Dados de vazão para a foz da microbacia

Mês	Precipitação média (mm)	Volume (m ³) prec. x área (27,73 km ²)	Evaporação (m ³) (60%)	Escoamento (m ³) (40%)
jan	10,197.45	282,775,288.5	169,665,173.1	113,110,115.4
fev	196.57	5,450,886.1	3,270,531.66	2,180,354.44
mar	162.08	4,494,478.4	2,696,687.04	1,797,791.36
abr	103.28	2,863,954.4	1,718,372.64	1,145,581.76
mai	96.09	2,664,575.7	1,598,745.42	1,065,830.28
jun	83.54	2,316,564.2	1,389,938.52	926,625.68
jul	90.69	2,514,833.7	1,508,900.22	1,005,933.48
ago	111.46	3,090,785.8	1,854,471.48	1,236,314.32
set	125.56	3,481,778.8	2,089,067.28	1,392,711.52
out	126.15	3,498,139.5	2,098,883.7	1,399,255.8
nov	119.95	3,326,213.5	1,995,728.1	1,330,485.4
dez	139.19	3,859,738.7	2,315,843.22	1,543,895.48
total	11,552.01	320,337,237.3	192,202,342.3	128,134,894.92

7.5. A Problemática Ambiental Catarinense

Ao discorrer sobre o processo exploratório degradativo do solo catarinense pelos pequenos agricultores, Monegat (1992, p.97) caracteriza muito bem o histórico de inviabilização do uso da terra ocorrido na região:

"Os pequenos agricultores, simples, intrépidos e trabalhadores, necessitando de alimentos para suas famílias e para seus animais, de madeira e de lenha, tiveram que desmatar e queimar para plantar e formar pastagens. Outros, especuladores e gananciosos, aceleraram o desmatamento. Após a derrubada da mata e queimada, de forma irracional e descontrolada, as terras foram sendo cultivadas fora de sua verdadeira aptidão agrícola, na maior parte da área, sem tomar as medidas necessárias de conservação e manejo adequado, cultivando culturas em linhas espaçadas, utilizando sistema de exploração esgotadores do solo, caracterizados pela excessiva movimentação, falta de cobertura e rotação e eventualmente com queima de resíduos culturais".

Neste sentido, Monegat (1992, p. 97) escreve ainda:

"Outro fator associado e que decisivamente acelerou o processo erosivo, num ciclo vicioso, foi a diminuição gradativa e constante do teor de matéria orgânica, originada pela própria erosão hídrica, revolvimento do solo, insolação, exaustão de nutrientes e falta de rotação, provocando assim uma degradação física dos solos, com

reflexos negativos na infiltração das águas das chuvas. Enfim, o uso intensivo da terra evoluiu para uma fase de exaustão de nutrientes pelas culturas e pela erosão hídrica, obrigando os agricultores, na maioria das vezes, a derrubarem mais mato, subindo mais ainda as encostas, ou a realizarem o recultivo, após alguns anos de pouso".

A topografia acidentada do território catarinense quando aliada à agricultura colonial desenvolvida, caracterizada por pequenas propriedades, muitas vezes levou a utilização de áreas para exploração agrícola onde não havia aptidão de uso para lavouras, resultando em grande potencial de erosão e degradação ambiental.

A remoção quase que completa da cobertura vegetal original e sua substituição por culturas anuais e pastagens, ocorrida principalmente pelo imenso número de propriedades e sua pequena área, é outro fator agravante do uso inadequado do solo como fator econômico.

Veiga et al (1991) aponta como principal causa da degradação de solos e mananciais o uso de sistemas convencionais de preparo do solo, o qual "envolve um grande número de operações de preparo e resulta numa pulverização excessiva do solo". A exposição da superfície do solo facilita o processo de erosão.

A poluição dos mananciais se dá basicamente com o carreamento de produtos tóxicos pela água das chuvas e a deposição provocada pelo homem de dejetos nos leitos de rios e lagos. Veiga et al (1991) cita as seguintes fontes principais de poluição no estado de Santa Catarina: dejetos de suínos, dejetos de bovinos e aves, dejetos humanos, agrotóxicos, sedimentos e rejeitos de mineração.

A Região Carbonífera, situada no Sul do Estado de Santa Catarina é considerada como "Área Crítica para Fins de Controle de Poluição" pelo Governo Federal, desde 1980, tendo em vista a grave situação de degradação ambiental e os altos índices de poluição aí encontrados, onde destaca-se a microbacia do Rio Sangão como uma de suas áreas mais afetadas.

O grau de deteriorização da qualidade ambiental da microbacia do Rio Sangão devido à exploração carbonífera, chegou a um limite tal, que exige urgente intervenção do poder público para limitar e redefinir os padrões de exploração e do uso do solo, pois caso contrário, o desenvolvimento desta região tende a se tornar negativo (Projeto Provida, 1990).

7.5.1. A Questão da Água em Cocal do Sul

Cocal do Sul, um pequeno município situado ao Sul do Estado de Santa Catarina não foge, entretanto, à regra no que diz respeito às questões relacionadas com a gerência e preservação do recurso hídrico.

É consenso entre os habitantes daquela cidade a importância da água para a vida humana e, infelizmente, na população urbana existe também consenso sobre a má qualidade das fontes que suprem suas casas com o recurso. Quando fala-se sobre o assunto, frequentemente ouvem-se reclamações sobre o "mau gosto", "turbidez" e o "mau cheiro" da água que consomem.

Também é muito criticada a localização errônea do atual reservatório, fato este apontado inclusive pelas autoridades locais do poder executivo, legislativo e técnicos do SAMAE, fundação encarregada do suprimento de água para o município.

Nas conclusões de seu laudo técnico, Ávila (1993) coloca que:

"O problema crucial é que foi implantado uma unidade de abastecimento de água potável, para a comunidade de Cocal do Sul e das indústrias ali instaladas, sem um detalhado conhecimento das características hidrológicas e hidrogeológicas da bacia hidrográfica do Rio Cocal. Tomamos como exemplo o fato de que com o aumento de 1 (um) metro do nível d'água do Rio Cocal, ocorre o alagamento das áreas adjacentes, onde estão implantados loteamentos urbanos".

As reuniões na câmara de vereadores sobre a questão da água no município tem gerado discussões polêmicas a ânimos exaltados, em função dos interesses envolvidos e da gravidade da questão. Uma comissão de águas foi instalada no ano passado para encarar a questão com a importância que lhe é devida. Entretanto, poucos resultados práticos efetivos foram colhidos até o momento.

Uma das questões levantadas é o impacto da mineração sobre a quantidade de água no Rio Cocal. Esta aponta para o desvio de água resultante do bombeamento efetuado pelas companhias mineradoras em suas galerias de extração de carvão. Os laudos técnicos de Tucci (1993) e Ávila (1993) analisam esta questão, apontando no entanto a um desvio muito pequeno em relação à vazão total do rio, não comprometendo o abastecimento de água ou outros usos.

A poluição por dejetos de suínos, já apresentada por Veiga et al (1991) como responsável por grande parte da poluição do meio ambiente neste Estado, também pôde ser

bem caracterizada na área. Uma das primeiras conseqüências do levantamento de dados sobre focos de poluição executado por Seiffert (1994) foi a decisão da Câmara de Vereadores pela paralização das atividades da granja de abate de suínos localizada na microbacia, em virtude do elevado número de coliformes presentes nas águas.

Fator ainda agravante à solução do problema é a falta de consciência e iniciativa de grande parte da classe política, que só engaja-se na resolução da questão quando pode retirar dali proveito político próprio, a ser utilizado em campanhas eleitorais. Pretende-se com isto afirmar que a água é uma questão que atinge a saúde e bem-estar de todos os habitantes e, como tal, deve ser tratada em âmbito comunitário, onde os interesses próprios devem ser sobrepujados pelos de toda a sociedade.

7.6. Material Disponível para a Pesquisa

O material utilizado para este trabalho pode ser dividido em três componentes principais:

- a) Base de dados** - Provavelmente o mais importante dos itens, a base de dados incorporou:
- i) dados agrometeorológicos da estação do INEMET/EPAGRI de Urussanga;
 - ii) base documental de dados (Seiffert, 1994), incluindo dados de solos, geologia, geomorfologia, altimetria, uso do solo e vegetação;
 - iii) mapas e dados fornecidos pela Companhia Carbonífera Urussanga - CCU: mapa de geologia do DNPM e dados de precipitação e vazão;
 - iv) dados provenientes da Estação de Tratamento de Água do SAMAE, em Cocal do Sul: demanda, vazão, etc;
 - v) Laudos técnicos sobre os recursos hídricos da microbacia.
- b) Hardware** - Basicamente composto de:
- i) microcomputadores AT 486, monitores coloridos, discos rígidos com capacidade compatível com o volume de dados processado (acima de 240 Mb);
 - ii) impressoras coloridas a jato de tinta;
 - iii) mesa digitalizadora;
 - iv) Sistema de Posicionamento Global (GPS);
 - v) Plotter HP
 - vi) outros (disquetes flexíveis, mouse, ...);
- c) Software** - Além dos sistemas analisados neste estudo, Idrisi e SPANS, foram ainda utilizados:
- i) software classificador de imagens (ERDAS);

- ii) sistemas de Mapeamento Auxiliado por Computador (AUTOCAD, MICROSTATION, TOSCA, TYDIG);
- iii) software para Modelagem Digital de Elevação;
- iv) sistemas Gerenciadores de Bancos de Dados (FOXPRO);
- v) software para análise dos dados obtidos pelo GPS (GPPS e FILLNET);
- vi) planilhas, editores de texto, linguagens de programação.

7.7. Descrição dos Softwares SIG Utilizados

7.7.1. Spatial Analysis System - SPANS

Dentre os softwares avaliados nesta dissertação de mestrado encontra-se o sistema gerenciador de informações geográficas SPANS. Este sistema, de nacionalidade canadense, pode ser dividido em três softwares principais, integrantes do que se denomina "família SPANS":

- a) **SPANS GIS:** é o aplicativo principal, que incorpora as principais funções de um SIG (criação e gerenciamento da área de estudos, edição, visualização, análises, modelagens e questionamentos);
- b) **SPANS MAP:** acompanha o SPANS GIS, realizando a interface dos dados criados no SIG com o usuário. Trata-se de um software de composição e visualização das imagens criadas, integradas a um banco de dados e a uma planilha eletrônica;
- c) **TYDIG:** apesar de importar arquivos de inúmeros softwares tipo CAD como AUTOCAD, MICROSTATION, MAXICAD e outros, o sistema SPANS possui ainda um software próprio de digitalização, chamado TYDIG. Este software realiza as funções básicas de digitalização sendo, entretanto, especialmente voltado à inserção de planos de informação em Sistemas de Informações Geográficas.

Os programas SPANS GIS versão 5.1 e SPANS MAP foram testados em um microcomputador AT 486 DX, com velocidade clock de 50MHz, memória RAM de 8Mb, disco rígido de 240Mb, placa de vídeo de 1Mb (resolução de até 1024x768) e vídeo SVGA Color Samsung Sync Master 3. Foi instalado tendo como Sistema Operacional o IBM OS/2 2.1, que ocupa em torno de 32Mb de memória no disco rígido.

O software TYDIG, por sua vez, foi usado em microcomputador AT 386 DX, velocidade clock de 40 MHz, com 4Mb de memória RAM, disco rígido de 80 Mb, placa de vídeo de 1Mb, vídeo SVGA, e coprocessador matemático

a) Configuração mínima de hardware

O SPANS para PC (padrão IBM *Personal Computer*) está disponível nas plataformas operacionais OS/2 e DOS, dos quais o primeiro foi mais recomendado pela maioria dos usuários. A plataforma mínima necessária para a versão OS/2 é:

- i) processador 80386;
- ii) memória estendida total de 4Mb;
- iii) disco rígido de 70 Mb;
- iv) co-processador aritmético;
- v) placa VGA e monitor;
- vi) mouse;
- vii) porta paralela e serial.

Em situações operacionais, normalmente encontra-se e sugerem-se certas modificações a estes requisitos mínimos. Por exemplo, 8Mb de memória estendida e disco rígido de 150 Mb proporcionam maior poder de processamento ao usuário. Gráficos de alta resolução podem também ser empregados com o monitor 8514/A e respectiva placa gráfica.

O sistema operacional OS/2 foi definido pela sua fabricante, a IBM, como um "sistema operacional multitarefa com suporte de comunicação e rede local (LAN) e capacidade de gerenciar um banco de dados relacional". Em outras palavras, enquanto o DOS pode apenas realizar uma tarefa a um tempo, o OS/2 tem a habilidade de executar vários diferentes programas ao mesmo tempo.

b) Estrutura do Software

As atuais rotinas do software permitem que, didaticamente, seja dividido em três componentes distintos:

- i) **modelo de dados:** refere-se ao conteúdo do banco de dados SIG e a maneira pela qual os dados são organizados e representados;
- ii) **modelo de análise:** consiste de um conjunto de processos e operações aplicados aos dados para prover informações para propósitos específicos e aplicações;
- iii) **modelo de visualização:** diz respeito a maneira pela qual os dados e informações são apresentados ao usuário.

Em seu menu principal, o SPANS GIS destaca as funções de Arquivo, Visualização, Questionamento, Análise e Modelagem. Cada um destes títulos engloba uma série de funções, que por sua vez possuem outras subfunções, tornando o programa bastante

complexo e abrangente.

O SPANS utiliza três elementos básicos para representar dados em mapas: pontos, linhas e áreas. Estes últimos podem ser armazenados utilizando-se duas estruturas de dados distintas: VECTOR ou RASTER (já descritos, no capítulo 4). Uma variação do modelo raster foi adotada pelo SPANS para armazenagem de seus dados poligonais, denominado estrutura de dados "quadtree" (v. capítulo 4), que permite ao software a análise conduzida com maior rapidez, enquanto armazenam-se os dados eficientemente.

O SPANS permite também o manuseio de elementos na forma VECTOR, através de análises e modelagens sobre redes. Entretanto, suas potencialidades estão direcionadas à análise espacial de dados armazenados sob a forma quadtree (ver capítulo 4, item 4.3.1.3.a).

No SPANS, o usuário possui a habilidade de entrar com dados de diferentes fontes, incluindo-se sistemas de análise de imagens raster, tanto quanto SIG com base vetorial (digitalização através do Tydig). Estes dados são então capazes de serem integrados em uma estrutura de trabalho consistente, levando em consideração escalas dos mapas e suas projeções.

Uma importante atribuição do SPANS GIS é a capacidade de lidar com fórmulas para modelagem de informações existentes. Isto torna possível, por exemplo, o conhecimento de rotas otimizadas de distribuição de produtos, uma vez coletados os dados necessárias ao processamento desta informação.

Modelos são usados por pesquisadores para observar e quantificar processos de seu interesse específico. Por exemplo, nas ciências sociais muitos modelos de comportamento têm sido desenvolvidos, e em engenharia modelos de simulação de processos são bastante comuns. Cientistas ambientais também têm seus próprios tipos de modelos. Neste contexto diverso, o que vem a ser um modelo?

Por definição, um modelo pode ser uma teoria, lei, hipótese, ou qualquer outra forma de idéia estruturada. Mais adiante, o único elemento que distingue esses termos entre si é o grau de probabilidade (nível tolerável de erro), com que cada um deles pode representar uma realidade prevista.

SPANS tem sua própria linguagem interna de modelagem, a qual demonstra um amplo espectro de operadores lógicos e matemáticos, de tal forma que o usuário possa especificar equações (modelos), para os quais mapas e tabelas são as variáveis. O usuário

possui a seu dispor a capacidade de sobrepor até 15 mapas em apenas uma operação.

As funções de modelagem envolvem a criação de mapas "condições únicas", os quais mostram toda combinação possível entre classes para todos os mapas de entrada. Histogramas e relatórios em forma da tabela são gerados em conjunto com os mapas de "condições únicas", os quais fornecem suporte para que o usuário interprete e classifique os resultados obtidos.

- i) **Modelagem Espacial** - Constrói um novo mapa, através da avaliação das classes de outros mapas e valores de atributos associados, provenientes de tabelas
- ii) **Modelagem de Tabelas** - No Spans 5.1, tabelas podem ser criadas para pontos, linhas, áreas, atributos de mapas, entidades, condições únicas e relações topológicas. As funções de modelagem de tabelas podem ser processadas nas próprias tabelas, ou podem ser combinadas com funções de modelagem de mapas e pontos.
- iii) **Modelagem de Pontos** - Facilita a análise de dados pontuais e de seus atributos. A modelagem é feita em conjunto com um operador de classe de mapas. O principal foco na modelagem de pontos é a seleção ou omissão de um ponto devido a sua localização em relação a um polígono ou atributo de um polígono.
- iv) **Agregação** - Agregação de Tabelas e Mapas realiza sumários estatísticos dos dados em relação à classe do mapa ou ao campo da tabela, respectivamente. Produz uma tabela em formato binário, que pode ser usada em outras modelagens.
- v) **Overlay Indexado** (*Multicriteria Modelling*) - Gera mapas temáticos que expressam o grau de adequação de diferentes localizações geográficas, para um determinado uso;
- vi) **Análise Topológica;**
- vii) **Gerador de Superfície e Interpolação de Iso-curvas;**
- viii) **Análise de vizinhança, visibilidade e construção de superfícies tridimensionais;**
- ix) **Modelagem em vetores** (análise em redes).

Todos os procedimentos internos do sistema podem ser programados, possibilitando que grandes rotinas sejam executadas repetidas vezes sem que o usuário venha a ter o trabalho de realizá-las passo a passo.

O SPANS permite que as informações contidas em seu banco de dados, quer originais, quer resultantes de transformações; atributos ou gráficos; sejam impressos em plotters (vetoriais ou raster), em display de vídeo, ou impressoras comuns. Também permite que sejam feitas anotações aos mapas, na forma de legenda, escalas, textos e grade.

7.7.2. Idrisi

Consiste de um software com habilidades de um SIG, associado a um sistema de processamento de imagens. Foi desenvolvido para prover níveis profissionais de pesquisa geográfica, a um baixo custo, para treinamento em análise espacial e processamento de imagens, voltado a pessoas e instituições sem acesso a estações de trabalho. Desde sua introdução, em 1987, o sistema Idrisi tem crescido, tornando-se o maior software SIG baseado no sistema RASTER com processamento digital de imagens integrado. Atualmente está presente em mais de 90 países, atendendo aos mais variados tipos de pesquisas, nas áreas pública e privada.

O projeto, inicialmente desenvolvido pela *Graduate School of Geography - Clark University, USA*, conta atualmente com pessoal permanente e plano de desenvolvimento, estando ligado ao *United Nations Institute for Training and Research (UNITAR)*, e também ao *United Nations Environment Program/Global Resource Information Database (UNEP/GRID)*.

Requer um computador IBM AT, PS/2 ou compatível; DOS 2.11 ou versão superior; 512 kb de memória RAM; disco rígido de 70 Mb; monitor EGA, VGA ou 8514/A; co-processador numérico. A plataforma de testes utilizada contou com um 486 DX2, 66 MHz, 8Mb de memória RAM, placa de vídeo de 1Mb, vídeo SVGA colorido, e disco rígido com 240 Mb.

Os custos envolvidos na aquisição do software são inferiores a US\$ 1.000,00 (um mil dólares) para fins comerciais e US\$ 500,00 (quinhentos dólares) para universidades e entidades não-lucrativas. Acompanham o software um Manual de Usuário com Manual de Treinamento incluso, Guia de Referência Técnica e Manual do TOSCA (software para digitalização, que acompanha o Idrisi). Também é possível a aquisição de obras complementares que ampliam o aprendizado de SIG nas áreas florestal e de planejamento.

a) Estrutura do Software

O Idrisi 4.0 é um software completo de programas modulares para SIG e processamento de imagens, divididos em: Módulo Principal (*Core Module*), Módulo de Análises Geográficas (*Analytical Ring Module*), Módulo de Processamento de Imagens (*Image Processing Ring Module*) e Módulos Periféricos (*Peripheral Modules*).

Módulo Principal - O módulo principal permite aos usuários executarem

operações básicas e gerenciamento de projeto (sistema de menus, configuração do sistema, criação de banco de dados, atualização, descrição, documentação, conversão e armazenamento), entrada de dados (digitalização, conversões RASTER-VECTOR, interpolações, ou outros sistemas de gerenciamento de bancos de dados), e visualização de imagens.

Módulo de Análises Geográficas - O módulo de análises geográficas é o componente essencial do software. Provê as ferramentas mais importantes para a análise de dados espaciais, incluindo questionamento de bancos de dados, álgebra envolvendo mapas, operadores de distância (proximidade, custo e análises de caminhos) e contexto (filtros de imagens, interpolação, cálculo de derivadas de modelos digitais de elevação).

Módulo de Processamento de Imagens - Permite operações fundamentais em imagens de sensoriamento remoto e sobre os produtos resultantes de sua interpretação. Permite a criação, edição e comparação de assinaturas geradas a partir de áreas de treinamento; classificação de imagens; conversão e composição de imagens com classificação não-supervisionada e; avaliação da exatidão obtida em resultados da classificação automática.

Módulo de Periféricos - Inclui um conjunto de programas para exploração de arquivos e conversão e para importação e exportação de dados de outros softwares e formatos. Suporta programação dos usuários através de linhas de comandos e arquivos *batch*.

Em conjunto com a versão 4.0 foi lançado um pacote de digitalização e edição de arquivos vetoriais, denominado TOSCA. Pode ser utilizado em conjunto com diversos tipos de mesas digitalizadoras na criação de novos mapas e inserção de topologia aos arquivos. Possui perfeita integração com o software principal, Idrisi.

Capítulo 8

Metodologia

8.1. Locação de Reservatório para Acumulação de Água

O modelo que foi aplicado a este estudo visou avaliar o potencial dos Sistemas de Informação Geográfica para fornecer subsídios ao planejamento municipal e também solucionar problemas referentes à administração de recursos hídricos na microbacia que, diga-se de passagem, fornece não apenas a água necessária à agricultura da área, mas também é a responsável por todo o suprimento de água para o município que a contém.

Quanto à questão de uso do recurso hídrico, o principal problema enfrentado pela população do município de Cocal do Sul vem a ser o abastecimento de água da zona urbana, quer analisando-se a qualidade, quer a quantidade da água fornecida.

Apesar da área da microbacia e pluviometria média mínima mensal serem, aparentemente, suficientes para que se execute a captação d'água sem a construção de um reservatório (ver capítulo sobre a Caracterização da Área de Estudos, item 7.4.6), o que se constata na prática é um déficit de água nos meses de maio, junho e julho, quando a precipitação mínima já chegou a 12,5 mm. Este último dado inviabiliza a captação d'água sem reservatório, pois apenas o volume escoado pelo leito do rio diariamente não é suficiente para suprir as necessidades do consumo doméstico aliado ao uso industrial (a indústria de azulejos "Eliane" consome atualmente volume maior que a população).

Aliado à carência de água em determinados meses, soma-se o conhecimento de focos de poluição dentro da microbacia, que prejudicam a potabilidade do recurso, fazendo-se questionar o seu consumo. Estes focos são representados por zonas de mineração, dejetos de suínos, latrinas, aviários, entre outros.

Assim, utilizando banco de dados composto de informações de pluviometria dos últimos 72 anos (1924 a 1995, Epagri, 1995, Anexo D), mapas de planimetria (incorpora

rede hidrográfica), mapa de altimetria, dados censitários sobre demanda e produção de água, mapa de declividade, aptidão de uso do solo e mapa de solos, integrados nos softwares SPANS e Idrisi, propôs-se formar um sistema de apoio à decisão sobre a localização de uma (ou mais se necessário) obra de arte que proporcione o armazenamento mínimo de água, suficiente para abastecer a zona urbana durante os meses de déficit hídrico, garantindo-se a qualidade da água armazenada. Também objetivou-se avaliar desta maneira o desempenho dos softwares utilizados.

Tendo em vista as informações e a descrição do banco de dados acima, o trabalho de modelagem em SIG envolveu as seguintes etapas:

- a) entrada de dados, em sua maioria na forma vetorial;
- b) overlay dos mapas de planimetria, altimetria e solos, bem como estampa dos focos de poluição, gerando-se um único mapa, capaz de apresentar todos os elementos básicos para localização inicial da represa;
- c) avaliação de pontos potenciais para localização da represa, em função da declividade, estrutura geológica e de solos, perfil topográfico e estudo preliminar do volume escoado;
- d) delimitação das áreas de contribuição para cada ponto potencial, cortando-se o mapa inicial em diversas áreas onde sejam preenchidos os quesitos básicos de suprimento de água. Cálculo da área de cada uma destas parcelas;
- e) cálculo do consumo de água mensal pela população de Cocal do Sul, estabelecendo-se parâmetros para planejamento de 20 anos;
- f) estimativa do volume acumulado a cada cota, usando-se as cartas 1:20.000;
- g) estimativa do volume provável de escoamento, a partir da precipitação e área de drenagem. Comparação com a demanda, estabelecendo-se área mínima de contribuição para a represa;
- h) visitas a campo para reconhecimento, reambulação e levantamento detalhado de dados (opiniões dos habitantes, dados sobre a qualidade da água, tipo de solos);
- i) análise detalhada e comparativa da situação específica de cada uma das áreas em relação às demais, quanto a declividade, perfil do rio, capacidade do solo para suporte da obra de arte e área mínima de drenagem. Seleção das melhores áreas e implantação de medidores de vazão;
- j) adequação da secção da microbacia selecionada à necessidade de consumo da zona urbana. Dimensionamento da obra de arte;
- k) cruzamento da área inundada com o mapa de aptidão de uso da terra, visando o mínimo de desapropriação possível de solos aptos à agricultura.;

Após a execução dos passos descritos nos itens a) a k), pretende-se ter informações suficientes à tomada de decisão preliminar quanto a localização da represa,

possivelmente alterando-se o ponto atual de captação para um novo, mais adequado por viabilizar coleta de água de melhor qualidade, com menor necessidade de tratamento por produtos químicos e capaz de assegurar o abastecimento da região.

A decisão final sobre a viabilidade técnica e construção do reservatório requereu, conforme mencionado na revisão bibliográfica, o levantamento intensivo de informações e conhecimento de uma série de dados que o município não dispõe no momento (registros de vazão, perfil geológico do solo e análise da fundação do aterro). Inicia-se aqui, no entanto, a coleta destes dados, apontando-se o modo como devem ser usados no escopo do projeto final.

A figura 8.1 apresenta um diagrama da seqüência de execução deste trabalho, que permite melhor acompanhar a descrição das diversas etapas. Deve-se salientar que as etapas de *Levantamento Detalhado* e *Construção* não estão contempladas neste trabalho, devendo ser realizadas a posteriori.

8.2. Trabalhos Realizados no SPANS

8.2.1. Entrada de Dados

Na transformação DGN -> MAP os arquivos inicialmente na forma vetorial com arcos e pontos, são lidos e processados à forma de polígonos. Os polígonos, classificados de acordo com as características expressas no ponto (centróide) são em seguida transformados à forma quadtree (MAP), utilizada pelos SPANS para fazer as análises espaciais.

Os planos de informação de solos, geologia, geomorfologia, planimetria, altimetria (após restituição das fotos 1:18.000, com pontos de controle extraídos da carta do IBGE, 1:50.000) e hidrografia foram digitalizados e editados em MICROSTATION R. 3.0, na sede da Aerodata S/A - Engenharia de Aerolevantamentos, sob supervisão técnica de Seiffert (1994).

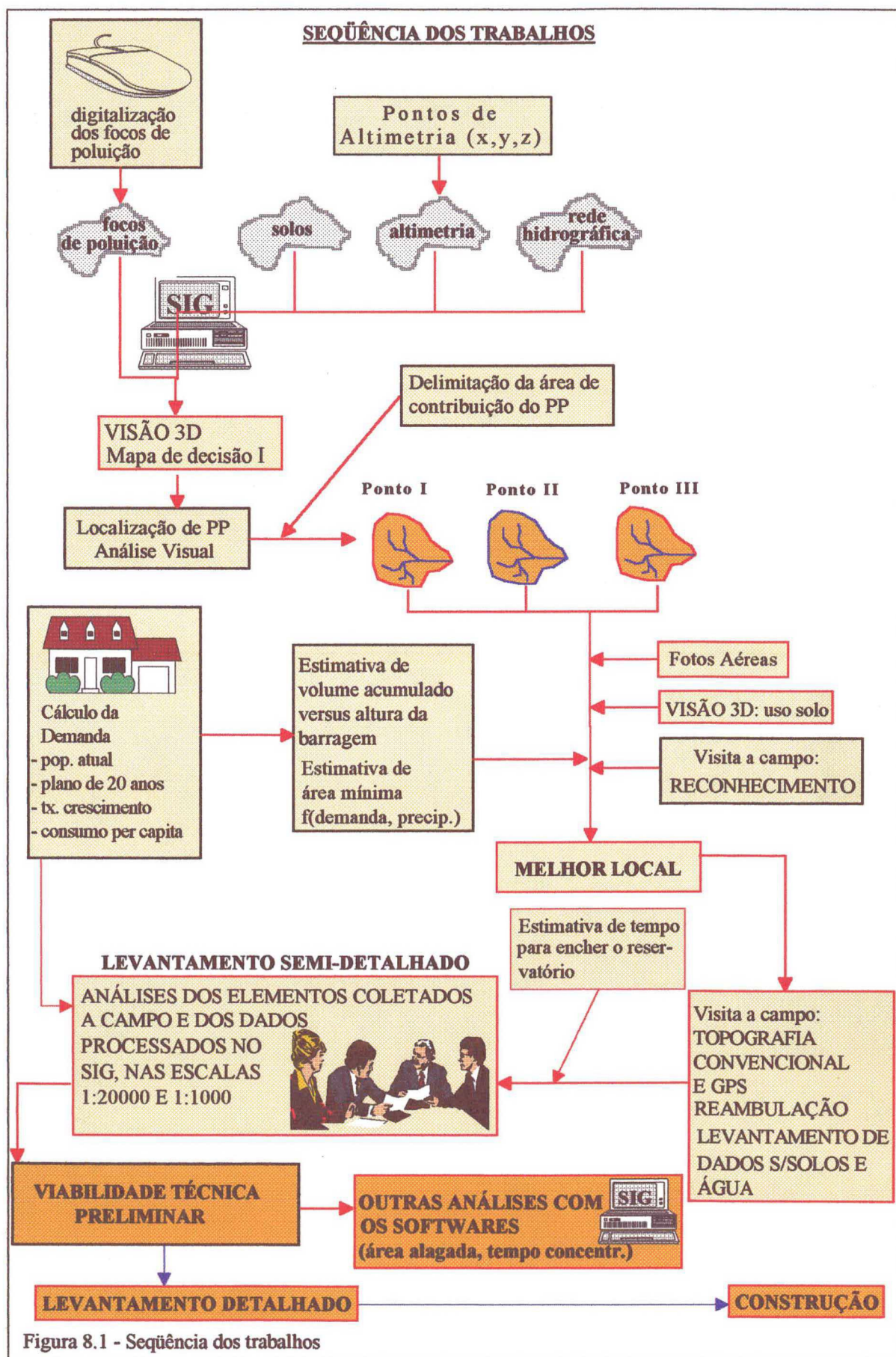


Figura 8.1 - Seqüência dos trabalhos

A digitalização do nível "focos de poluição" foi realizada no próprio SPANS, com o auxílio de um mouse, tendo as coordenadas dos focos de poluição sido desenhadas em mapa 1:20.000. Cabe lembrar que na interpretação e digitalização dos focos de poluição, a informação relevante era simplesmente o ramal do rio onde a poluição podia ser detectada. A localização de tais focos foi fornecido através de entrevista com o Eng^o Nelson Seiffert, que realizou intensa campanha de análise de água em diferentes pontos do rio Cocal e seus afluentes, considerando ainda diferentes épocas.

8.2.2. Escolha do Melhor Local para Implantação da Represa

a) Confeção do Nível "Focos de Poluição"

Através de digitalização foi possível a alocação espacial dos focos de poluição detectados pelas análises de relatórios existentes (Seiffert, 1994) e visitas a campo (figura 8.2). Os vetores compostos na digitalização foram transformados à forma de "Polígonos" e em seguida, ao formato MAP (quadtree) do SPANS.

b) Transformação do Arquivo de Pontos de Altimetria em Mapa Altimétrico

Em virtude da necessidade do mapa temático encontrar-se na forma quadtree para que o SPANS possa realizar análises espaciais envolvendo mais de um mapa, o tema altimetria, inicialmente na forma de tabela de pontos com coordenadas x, y (geodésicas) e z (metros) teve que ser transformado, interpolando-se os pontos e gerando um arquivo na forma de grade de células. Também a exigência de um arquivo em formato RASTER para elaboração de um modelo 3D requer que seja criado previamente um mapa representando a altimetria, em função de classes. A partir dos pontos importados ao SPANS um modelo de triangulação cria o mapa de classes desejado, segundo uma tábua de classificação pré-estabelecida (5 em 5 m, 10 em 10 m, etc).

O mesmo processo de criação de um mapa de classes a partir de pontos de altimetria foi utilizado para criar o mapa de classes de declividade (*Contouring/Slope*). Como ambos os mapas foram gerados por processo de interpolação não-linear, após finalizada a sua montagem pelo software, vistoria detalhada foi realizada sobre os resultados obtidos. Classificaram-se os mapas como satisfatório, tendo em vista a escala com que se trabalhava e a extensão dos erros na interpolação.

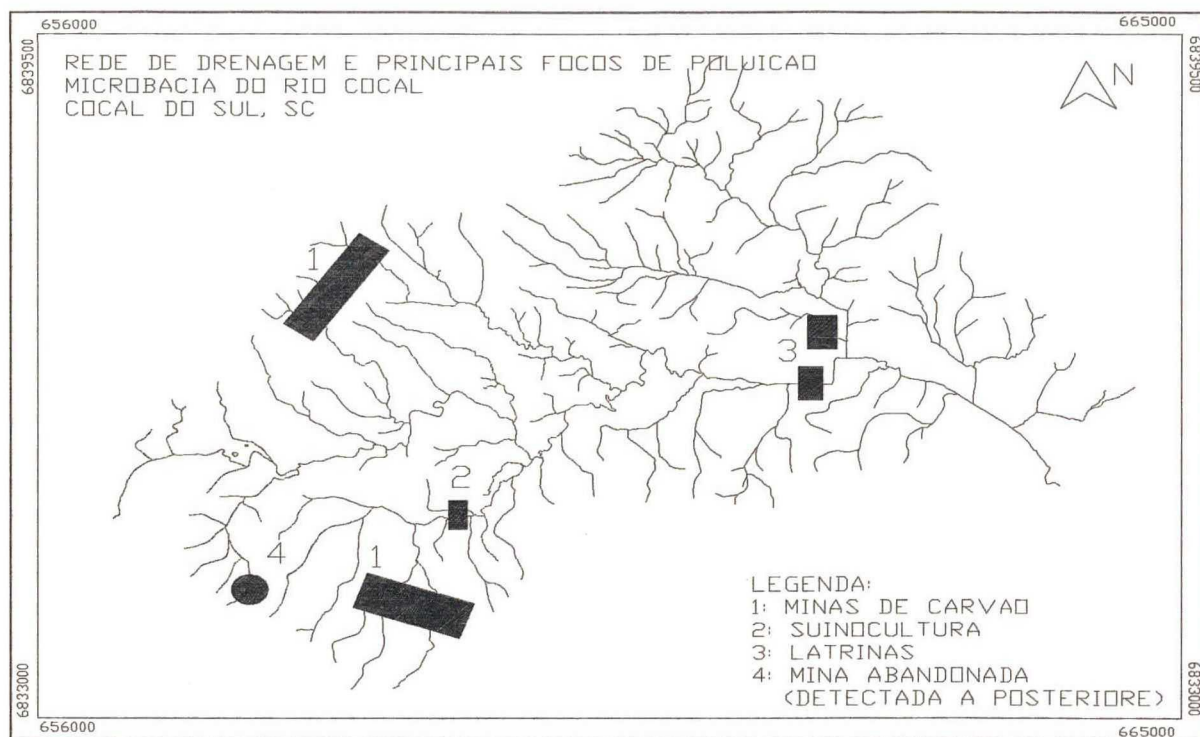


Figura 8.2 - Mapa dos focos de poluição e rede hidrográfica. Fonte: Seiffert, 1994.

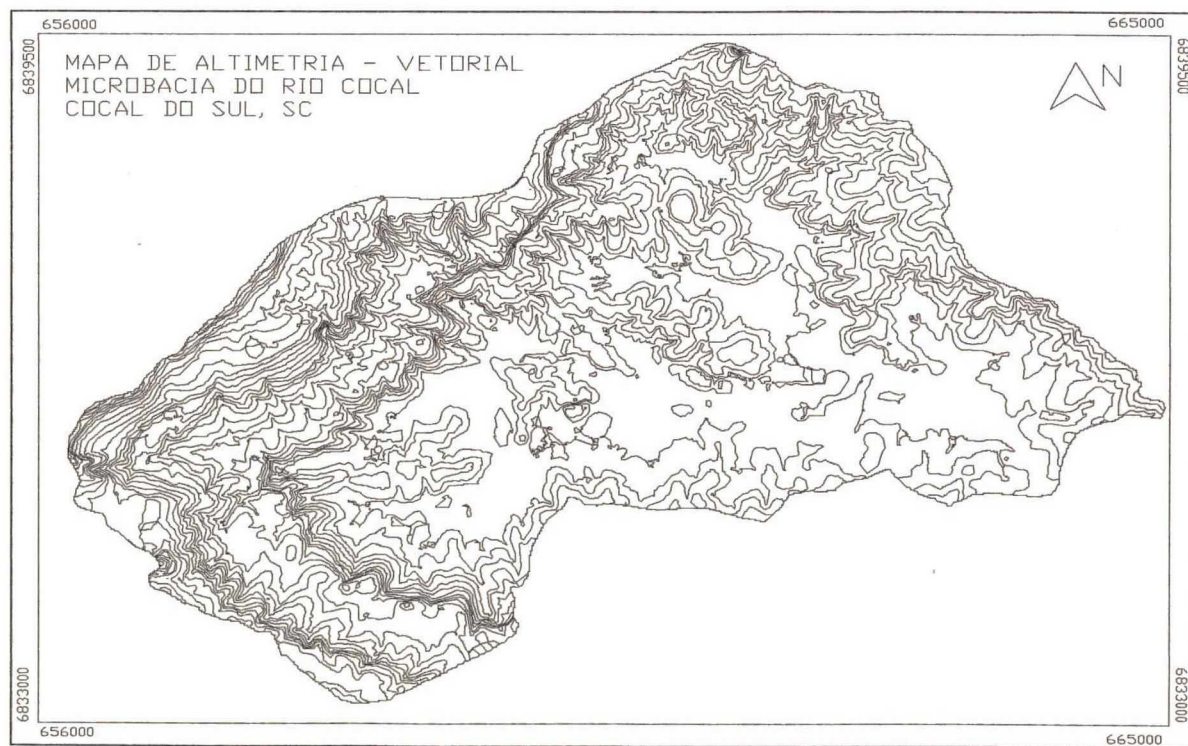


Figura 8.3 - Mapa de Altimetria. Fonte: Seiffert, 1994

Deve-se ter em mente que a avaliação nesta etapa segue rumos qualitativos em virtude da pequena escala do mapeamento disponível. Os estudos quantitativos só serão possíveis a partir de um detalhamento da área, em escalas da ordem 1:5000 ou maiores, dependendo-se do objetivo pretendido.

c) Overlay dos Níveis de Informação

Uma vez definido o escopo geral do problema, os objetivos a cumprir e suas variáveis de entrada, compôs-se um mapa (figura 8.4) integrando os temas associados à tomada de decisão preliminar sobre "**Qual o melhor ponto no leito do rio para se alocar a represa?**". Foram sobrepostos os seguintes planos de informação, gerando-se dois diferentes mapas:

- i) **Nível solos:** na forma RASTER, o nível "solos" compõe-se do mapa disposto ao fundo, mostrando os diferentes tipos de solos predominantes na região de estudo. A composição de cada tipo de solo é imprescindível para a análise a ser efetuada, uma vez que pode, em função de sua porosidade, inviabilizar a construção da obra. Para este projeto, são considerados melhores os solos Cambissolo distrófico (próximo à cota 90m e abaixo), Podzólico Vermelho-Escuro e Podzólico Vermelho-Amarelo, em virtude de sua constituição;
- ii) **Nível hidrografia:** apresenta a localização dos leitos dos diversos rios e córregos que compõe a região;
- iii) **Nível altimetria:** o comportamento das curvas de nível determinará a declividade adequada à alocação da represa, bem como consiste de diretriz fundamental ao traçado dos divisores da área de contribuição de cada barragem;
- iv) **Nível focos de poluição:** apresenta a posição geográfica de cada um dos focos de poluição de recursos hídricos na região;
- v) **Nível uso do solo:** para que se tenha um entendimento do tipo de atividade produtiva praticado na área de provável alagamento.
- vi) **Nível planimetria:** certifica que a zona de alagamento não atingirá nenhuma obra de arte, como: pontes, estradas, residências, entre outros.

d) Visualização do Modelo Digital de Elevação (DEM/DTM)

Uma vez confeccionado o mapa com overlays dos diversos níveis de interesse (formato quadtree), este mapa, bem como o mapa de altimetria (formato quadtree) foram transformados para o formato RASTER. Esta é uma exigência do software para que apresente o Modelo Digital do Terreno (DTM). Finalmente, o overlay criado no item 8.2.2. c) será superposto ao DTM para proporcionar uma melhor idéia do comportamento do relevo da microbacia.

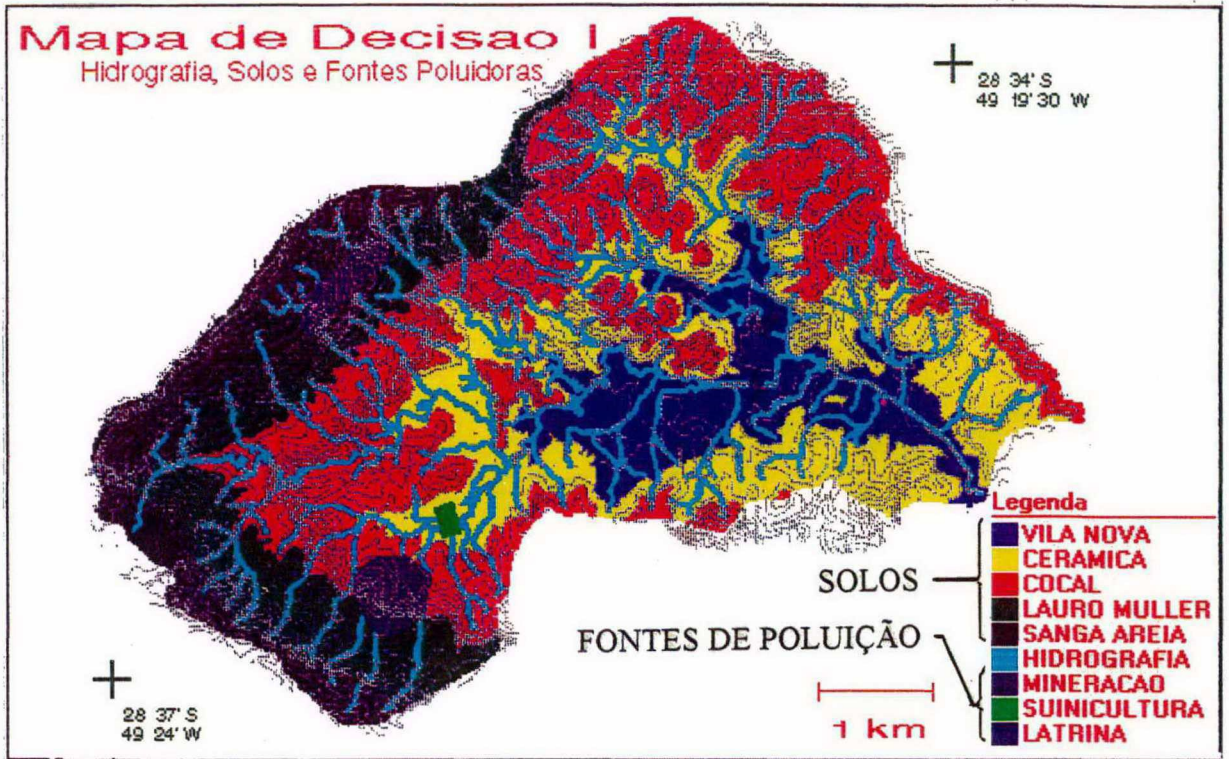


Figura 8.4 - Overlay dos níveis de informação (solos, hidrografia, focos de poluição)

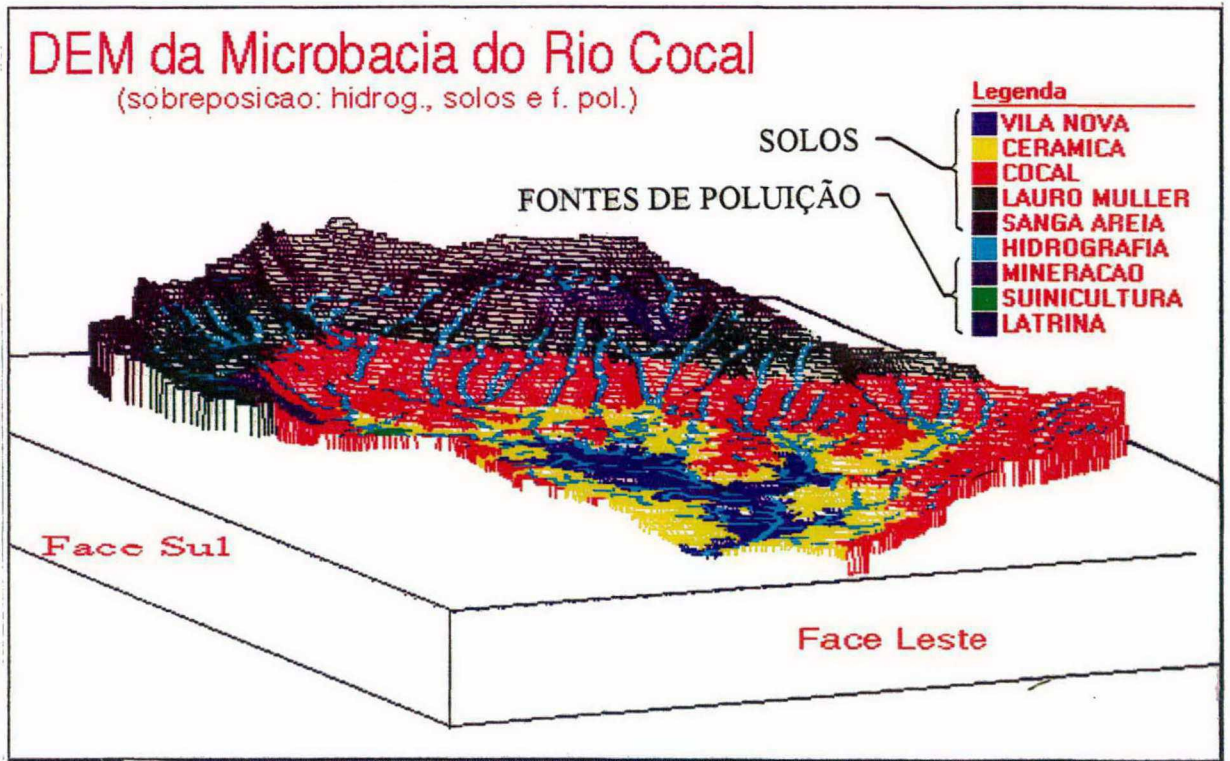


Figura 8.5 - Modelo Digital de Elevação (DEM) para toda microbacia

A criação do modelo em 3D inclui decisões sobre níveis de "zoom", "exagero vertical", "ângulo de inclinação" e "ângulo de rotação da base", para ter-se uma melhor visualização do objeto de estudo. Várias alternativas de visualização do modelo criado foram tentadas, escolhendo-se a que proporcionou o melhor entendimento do comportamento do relevo na área. A sobreposição encontra-se representada na figura 8.5.

e) Localização de Pontos Potenciais (PP) para Construção da Represa

A análise do modelo tridimensional criado no passo anterior, bem como o mapa de declividade apresentado na figura 8.8, fornece uma idéia em pequena escala da inclinação do terreno em diversos pontos da microbacia. Associando-se esta imagem ao mapa elaborado no item 8.2.2.c), pode-se alocar previamente vários pontos que representam possibilidade potencial de construção da represa (figura 8.7), em função da declividade, existência de focos poluentes, tipo de solo, altimetria e hidrografia:

- i) **declividade:** quanto maior a declividade dos taludes, melhor o aproveitamento da área para a represa, pois a relação volume acumulado/área alagada aumenta;
- ii) **focos de poluição:** de preferência optou-se pela não seleção de pontos cujos córregos a montante sofressem qualquer tipo de poluição em seus leitos;
- iii) **tipo de solo:** conforme foi descrito, deu-se preferência aos solos situados abaixo da cota 90m
- iv) **altimetria:** a forma da área alagada, deve ser estreita no ponto de locação do aterro, alargando-se a montante. O ponto deve estar localizado em cota que, preferencialmente, propicie o transporte da água por gravidade;
- v) **hidrografia:** procura por pontos com maior confluência de volume de água, em função da área drenada.

f) Previsão da Área Mínima em Função da Precipitação

Por ainda não se conhecer a vazão nos pontos selecionados (não existem tais registros), a análise preliminar prevê o cálculo de uma área mínima para a bacia de captação, em função da pluviometria e coeficiente de escoamento.

Considerando-se um escoamento mínimo de 40%¹ da precipitação, supondo-se que 60% da chuva seja "perdida" por evapotranspiração, (Seiffert, 1994; v. capítulo sobre Caracterização da Área de Estudos) e uma média de pluviometria de toda a série de 72 anos:

¹ a água infiltrada não foi subtraída, pois considera-se que, apesar de pertencer por algum tempo ao subsolo, volta a escoar na superfície em cotas mais baixas (v. capítulo sobre Hidrologia).



Figura 8.6 - Imagem dos Pontos I e III, sendo o primeiro situado em meio a mata, e o segundo posicionado ao final da área de pastagem



Figura 8.7 - Imagem do córrego principal, em época de estiagem. Medidas preliminares indicam para este momento uma vazão de aproximadamente 15 l/s

$$A_{\min} = \text{Demanda mensal}^2 / (\text{precipitação} \times \text{coef. escoam.}) \quad (8.1)$$

$$A_{\min} = 141750 / (0,40 \times 129) = 2.747.093 \text{ m}^2 = 2,8 \text{ km}^2 \quad (8.2)$$

Com a opção ANALYSE/AREA no menu do SPANS foi realizado o cálculo da área total de cada região assinalada. As tabelas geradas encontram-se no Anexo A, e uma síntese pode ser vista no quadro 8.1.

Quadro 8.1 - Resumo das áreas das regiões em estudo

	Área (km ²)
Área I	3,37
Área II	1,45
Área III	3,01

Pode-se notar que a área total da represa a partir do ponto II não atende a área mínima calculada no item 8.2.2.f). Será descartada a princípio apenas a área II.

Uma vez selecionados os PPs (itens 8.2.2 a) até f)), pode-se calcular, preliminarmente (em virtude da pequena escala), o volume de água que poderá ser acumulado em cada um.

g) Delimitação das Áreas de Contribuição de cada um dos PPs

Com o auxílio do mapa de altimetria posicionado como "pano de fundo" para o nível hidrografia, foi possível delimitar a área de influência para cada um dos PPs assinalados no item 8.2.2.e). Os limites destas áreas foram delineados tendo como base o divisor d'água do braço de rio onde será implantada a barragem (digitalizado na própria tela, através de um *mouse* - figura 8.9).

Em seguida, o mapa original da microbacia é "recortado" tendo por base os polígonos traçados. Este procedimento permite que se façam análises tendo por objeto apenas as áreas de estudo. Os demais temas (uso do solo, declividade, solos, hidrografia e geologia) também serão cortados de acordo com os limites traçados neste item.

b) Novo Modelo Tridimensional

Sobrepondo-se o nível "Uso Atual do Solo" ao modelo 3D, agora com ênfase nos pontos I e III (figuras 8.6, 8.10 e 8.11), pode-se ter uma melhor idéia do comportamento da possível influência da represa sobre a atividade humana na região.

² o cálculo da demanda está discriminado no item 8.2.4 deste capítulo.

i) Cálculo do Volume a ser Armazenado em cada uma das Represas

Usando-se o mapa de altimetria gerado no item 8.2.2.b) e a região delimitada no item 8.2.3.a), calcula-se agora o volume de água armazenado em cada classe de altitude. A altura da represa será aquela a partir da qual o volume de água armazenado é superior ao volume necessário para se atender às necessidades da população (volume de demanda calculado, item 8.2.4.). Os passos seguidos foram os seguintes:

i1) Cálculo da área de cada classe de altitude

Através de função específica de modelagem no menu do software SPANS (ANALYSE/MAP/AGGREGATION) obtém-se um relatório informando as classes de altitude presentes em cada região delimitada, bem como a área referente a cada uma destas classes (quadro 8.2). Os dados do quadro 8.2 foram obtidos utilizando-se a seguinte equação:

$$\text{result}(\text{sum}(\text{area} * 1000000)) \text{ by "Nome do mapa:" class(input)} \quad (8.3)$$

cabendo ainda assinalar que a área de cada classe é multiplicada por 1.000.000, ou seja, o fator de conversão de km² para m². As Tabelas I e II do Anexo A apresentam na íntegra o relatório emitido pelo SPANS (formato TBA).

Quadro 8.2 - Síntese das áreas obtidas para os pontos I e III

Classe (m)	Ponto I (m ²)	Ponto III (m ²)
80-90	63287	13646
90-100	50606	17204
100-110	38932	10830
110-120	31910	11857
120-130	35009	16212
130-140	34739	15935
140-150	92435	63341
'''	'''	'''

i2) Cálculo do Volume - equação principal

A partir do relatório de áreas (Anexo A) será calculado o volume armazenado em cada cota do terreno a montante da represa. Sendo assim, o modelo deverá responder à equação:

$$V_A = [(A_{H_s} + A_{H_i}) / 2] \cdot (H_s - H_i) \quad (8.4)$$

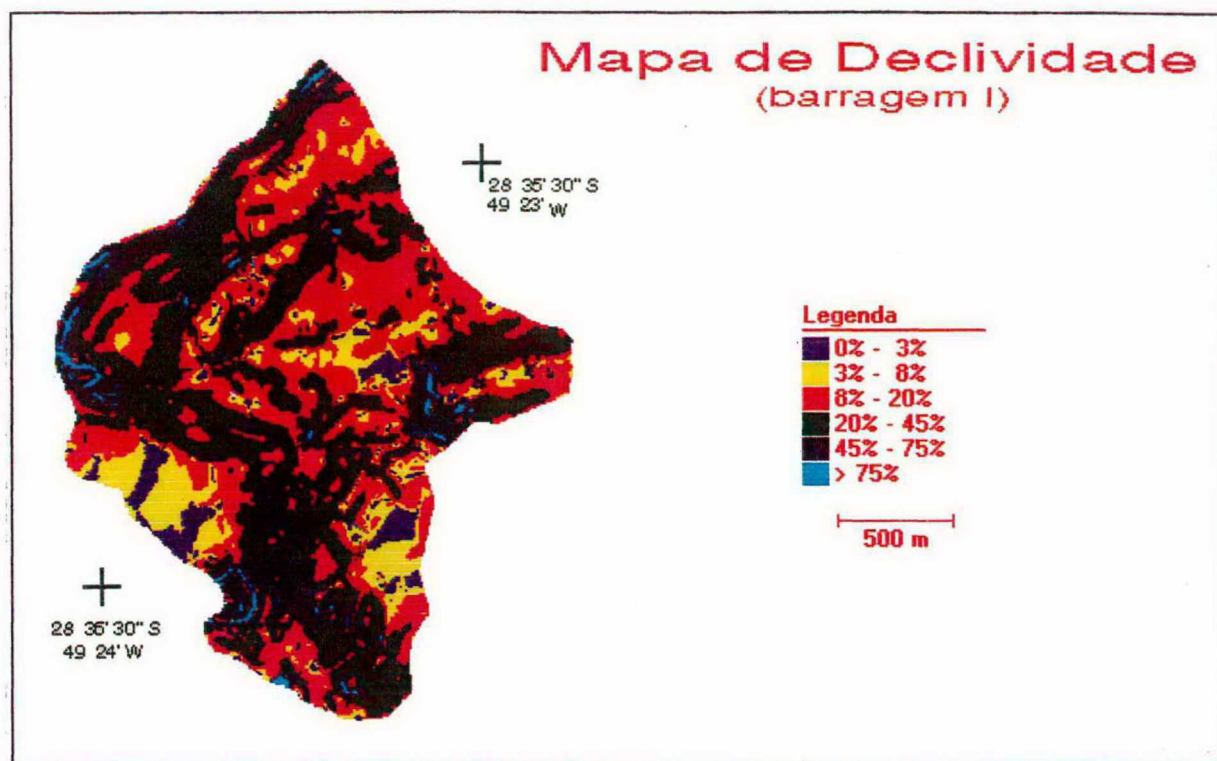


Figura 8.8 - Mapa de Declividade da Barragem no ponto PP I

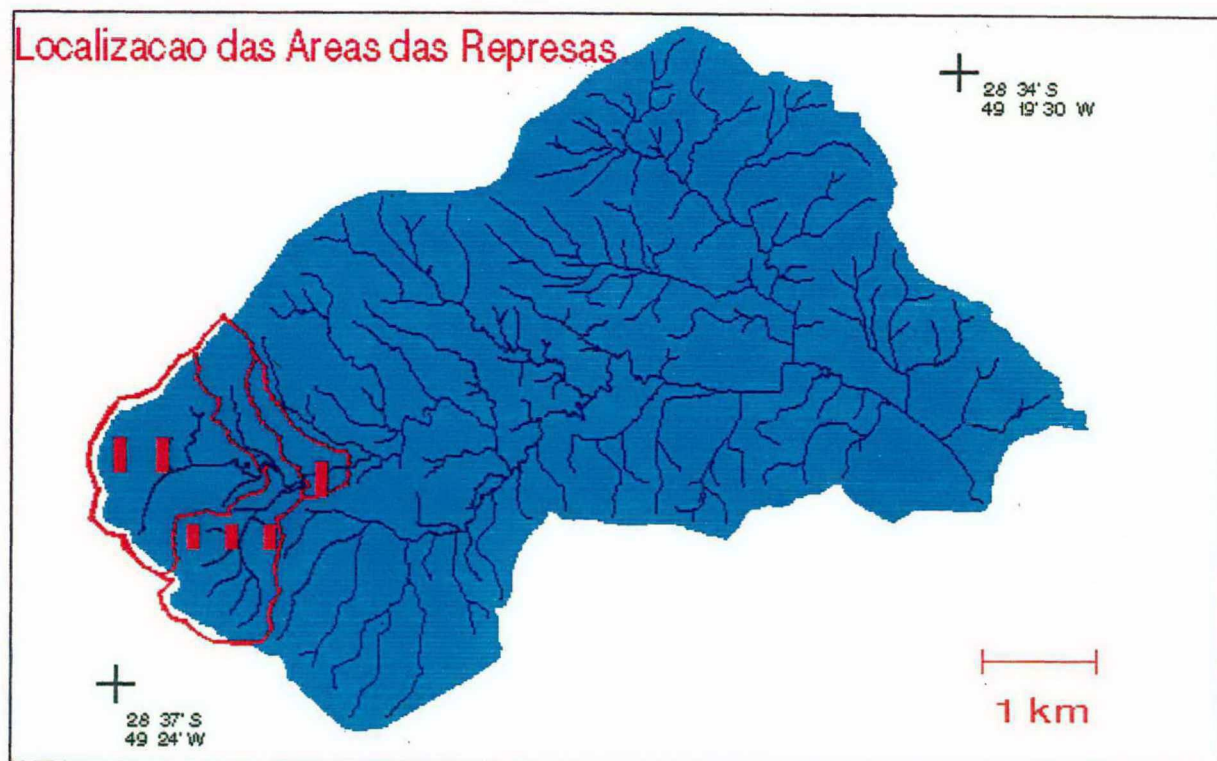


Figura 8.9 - Áreas de contribuição de cada represa e respectivos divisores de água (em vermelho)

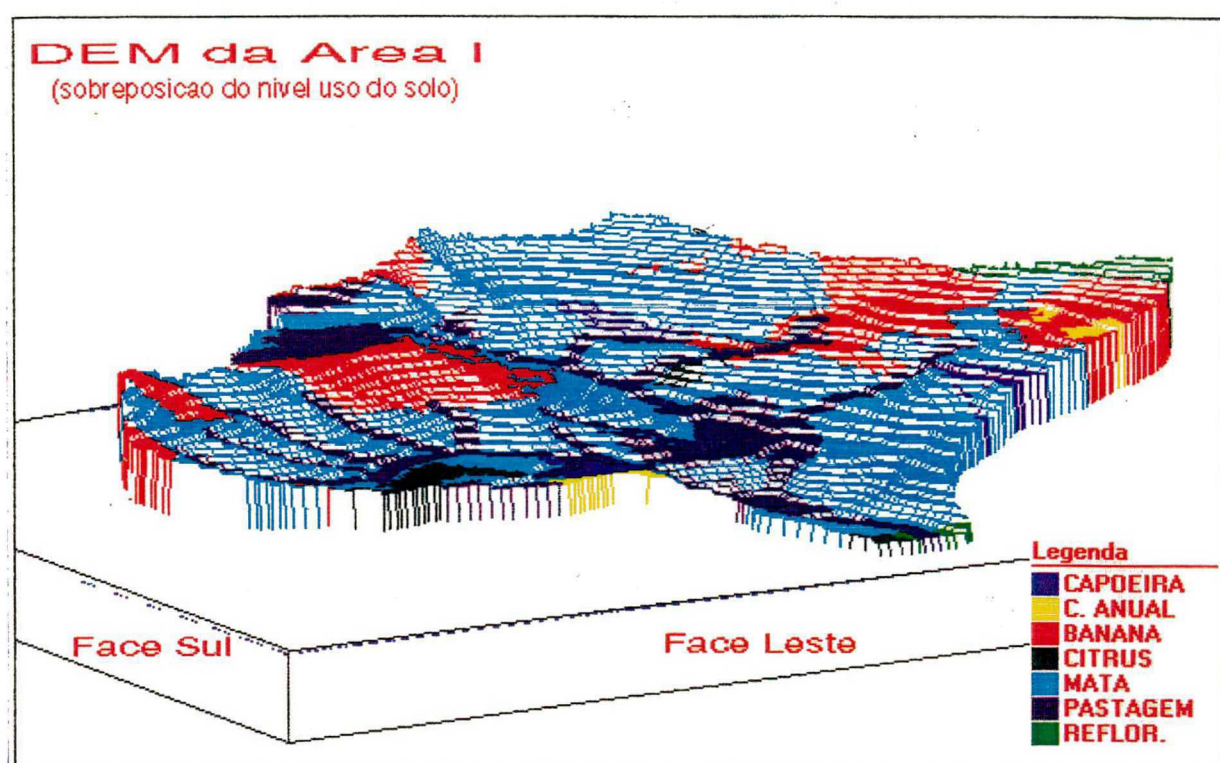


Figura 8.10 - DEM da barragem no ponto I, com sobreposição do uso do solo

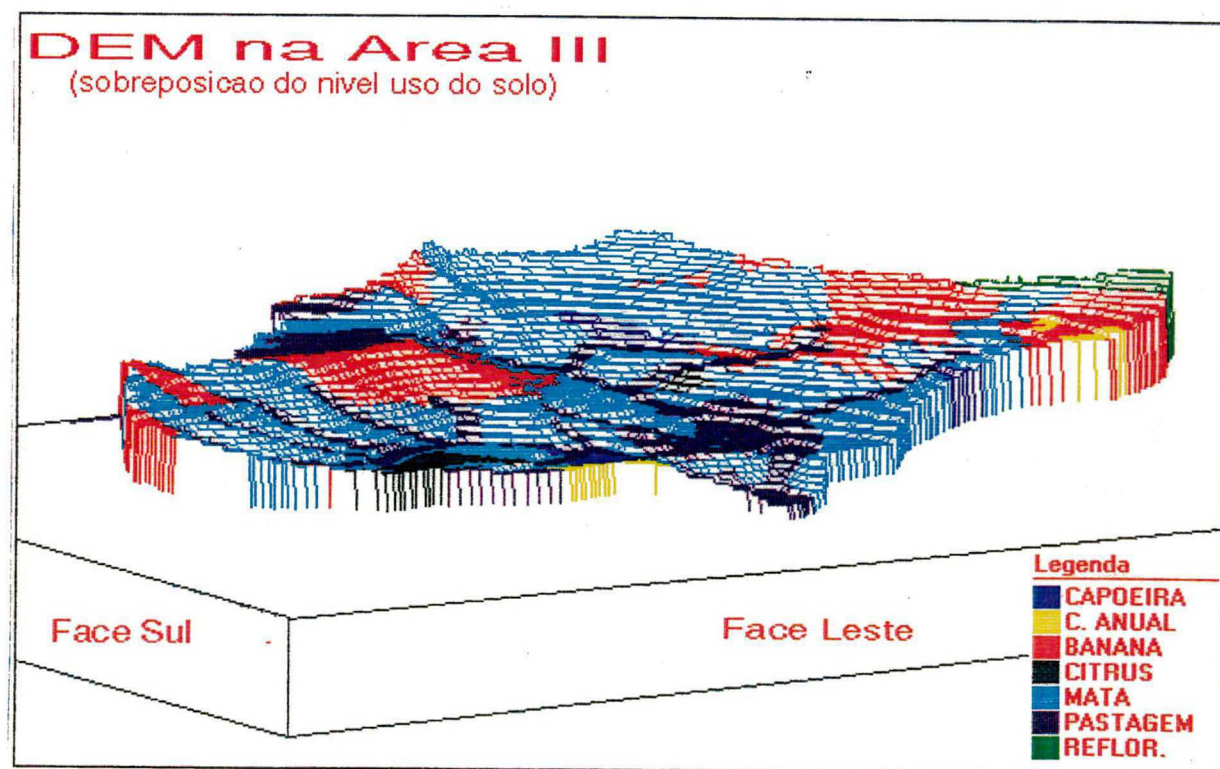
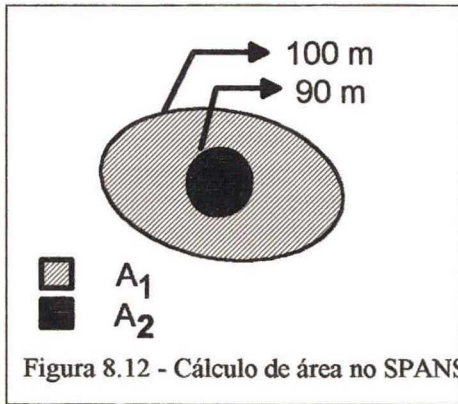
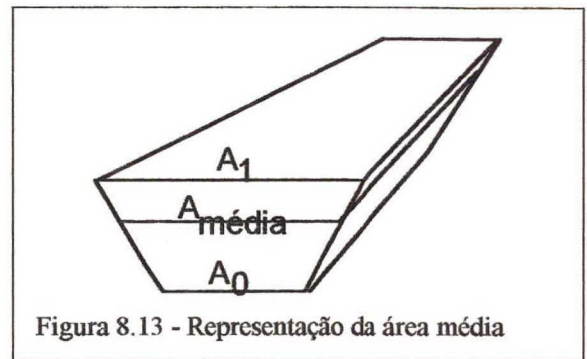


Figura 8.11 - DEM da barragem no ponto III, com sobreposição do uso do solo



onde V_A = volume de água total armazenado abaixo de cada curva de nível, até o nível onde a represa está assentada; A_{Hs} = área delimitada pela curva de nível superior de cada classe do mapa de altitude; A_{Hi} = área delimitada pela curva de nível inferior de cada classe do mapa de altitude; H_s = cota superior da classe de altitude considerada; H_i = cota inferior da classe de altitude considerada. Como pode-se notar pela figura

8.13, foi eleito o trapézio para o cálculo do volume. Apesar de não constituir-se da figura ideal para representar toda a área alagada, pode-se dividir a área em diversos trapézios, resultando-se o volume da soma de todas as parcelas.



13) Considerações sobre as Equações e a Tabela Resultante

A descrição que se segue pode ser entendida pelo esquema da figura 8.14.

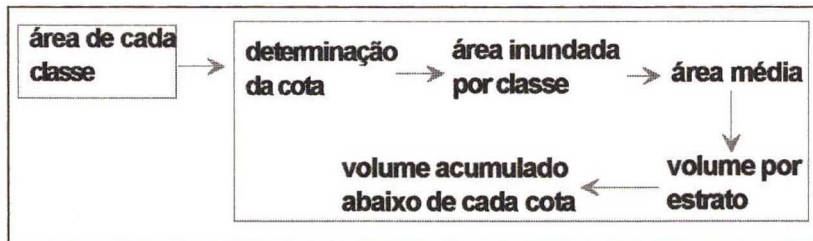


Figura 8.14 - Representação do cálculo do volume armazenado em função da altura da barragem.

Uma rápida análise sobre as equações de modelagem (quadro 8.3) e sobre as tabelas geradas (Tabelas III e IV, Anexo A) é suficiente para que se conclua que diversos foram os passos necessários para o cálculo do volume final armazenado. Estes passos foram:

Quadro 8.3 - Equações para o cálculo do volume armazenado

```

:calcula da coluna 3 - Valor das cotas
y=field(1)-1;
"Cota da classe 1 (em m):"
classe=input;
"Qual a distancia entre cotas:"
dist=input;
:calcula da coluna 4 - Area de cada curva de nivel
areaacum=areaacum+field(2);
:calcula da coluna 5 - area media de cada intervalo de altitude
contador=contador+1;
areaaux={areaacum if contador@2,areaaux};
areamed=(areaacum+areaaux)/2;
areaaux=areaacum;
:calcula da coluna 6 - Volume medio em cada estrato de curva de nivel
vol={areamed*dist if contador>1,0};
:calcula da coluna 7 - Volume medio ACUMULADO abaixo de cada
cota
volacum=volacum+vol;
result(classe+y*10,areaacum,areamed,vol/1000, volacum/1000)

```

- Coluna 3: Cálculo da cota referente a cada classe do mapa - Necessária como referência, uma vez que a apresentação apenas do valor da classe implica em se decorar que classe corresponde a qual intervalo de curvas de nível. O display do valor inferior desta classe (coluna 3) evita esta memorização desnecessária.

- Coluna 4: Cálculo da área inundada em cada classe de altitude - Como o relatório emitido no item 8.2.3.c1) apresenta as áreas de cada classe do mapa de altimetria, não acumulando-as (figura 8.12) acrescenta-se a cada classe aquelas que se dispõe abaixo. Por exemplo, para obtermos a real área delimitada pela curva de 110m na região da barragem 1, temos que somar também as classes 90-100 e 80-90, além, é claro da própria classe 100-110m.

- Cálculo da Área média de cada cota - Para o cálculo do volume, optou-se pela aproximação de se multiplicar a diferença entre cotas pela área média destas cotas. A área média foi entendida como a média aritmética entre as áreas da curva superior e inferior de cada intervalo.

- Volume acumulado em cada estrato - É a simples multiplicação da diferença entre as cotas pela área média de cada classe.

- Coluna 5: Volume acumulado abaixo de cada curva de nível - O volume calculado no item anterior é agora acumulado, da mesma forma que fez-se com a área anteriormente. A segunda equação dispõe os resultados em uma tabela.

8.2.3. Cálculo do Volume de Água Acumulado pela Represa após Levantamento Taqueométrico

Em virtude da proximidade dos pontos I e III (figuras 8.6 e 8.9), foi realizado levantamento topográfico contínuo entre as regiões (a área III está toda contida em I). Isto implica em que as considerações a seguir foram feitas apenas para a região I, sendo, no entanto, válidas também para a área III. Deve-se também salientar que a escolha preliminar do ponto III tinha por objetivo restringir a área de estudos, caso ali fosse possível armazenar o volume de água necessário em uma barragem com até 10 m de altura. A tabela IV mostra que isto não é possível, pois na cota 90 m (10 metros de altura de aterro) são acumulados apenas 222.000 m³, volume muito inferior ao de projeto (425.250 m³).

Uma vez feito o detalhamento da seção com o levantamento de GPS e Taqueométrico (v. item 8.4.2 deste capítulo), os dados provenientes do levantamento de campo foram introduzidos em planilha eletrônica, onde calcularam-se as coordenadas dos pontos levantados (sistema UTM, SAD 69), bem como as suas respectivas cotas.

A princípio, tentou-se importar os pontos para o interior do software, gerando-se as curvas de nível a partir do mesmo procedimento já descrito no item 8.2.2.b). O resultado, no entanto, não representou a realidade a campo, em função de dois problemas principais: a) necessidade de se obter mais pontos e; b) o processo de interpolação de curvas não é adequado (item 8.5 - Utilização de Outros Softwares, neste capítulo).

Para contornar o problema, os pontos foram introduzidos em sistema CAD, de onde foram plotados na escala 1:750. A partir daí, com o apoio da saída gráfica gerada pelo software SURFER, foi realizado o traçado de curvas à mão, digitalizando-as em MICROSTATION (Figuras 8.15 e 8.16).

A partir deste ponto seguiram-se, basicamente, os mesmos procedimentos já descritos nos itens 8.2.1, 8.2.2.b), 8.2.2.d) e 8.2.3, com uma ressalva: o volume foi calculado com base na área de todo o levantamento; e também fazendo-se 3 secções transversais. Neste último modo, foi seccionado o mapa hipsométrico gerado pela taqueometria aproximando-se cada fatia à forma de um prisma com base trapezoidal, resultando quatro diferentes fatias, sendo calculado o volume armazenado em cada uma destas fatias. Assim, pode-se avaliar o quanto o modelo em trapézio aproximava-se do real, ou seja, a diferença de volume calculado pela secção única e pelas três secções manteve-se inferior a 3%.

As tabelas resultantes deste tópico, representando a área de cada classe e

volume de água armazenado calculado para toda a área alagada (tabelas V-A e V-B) e também para os diversos cortes (tabelas VI-A a D e VII-A a D), encontram-se no Anexo A. A figura 8.17 apresenta o mapa de altimetria gerado pelo SPANS, e a figura 8.18 o mapa de cortes.

8.2.4. Estimativa Preliminar do Volume de Demanda e do Reservatório para o Projeto

O volume necessário para suprir as necessidades de abastecimento de água da população do Município de Cocal do Sul deve considerar:

p = população urbana = 11894 em 1991 (IBGE); aprox. 13500³ hab. (1995)

i = taxa de crescimento vegetativo da população = 3,05% a.a. (IBGE); 1,01% a.a (CENSO, PM COCAL DO SUL). Adota-se 2,5 % a.a.

T = período estimado para duração do projeto = 20 anos

q = consumo diário por habitante = atual = 100 litros/hab.dia. Projetado = 200 litros/hab.dia

A estimativa mensal de consumo de água considerando-se 5% de reserva para usos especiais (incêndios, limpeza de ruas, chafarís,...) será portanto:

$$p_{\text{fut}} = 13500 \cdot (1 + 0,025)^{20} = 22.121 \text{ habitantes} = 22.500 \text{ hab.} \quad (8.5)$$

$$D_m = 1,05 \cdot 22500 \cdot 200 \cdot 30 = 141.750 \text{ m}^3 \quad (8.6)$$

r = tempo de reserva = 3 meses = 90 dias

A equação para o cálculo do volume do reservatório para o período de três meses, considerando a demanda total, ou seja, sendo o reservatório a única fonte de captação de água para o consumo:

$$VP = 3 \cdot D_m = 425.250 \text{ m}^3 \quad (8.7)$$

Cabe ressaltar que a previsão de três meses de reserva de água leva em consideração apenas a constatação dos três meses de maior déficit hídrico. Cálculos mais acurados podem ser realizados a partir do momento em que uma boa série de dados de vazões tiver sido coletada nos pontos de interesse (v. Capítulo sobre Recursos Hídricos, item 4.3).

³ aproximação do resultado de $11894 \cdot (1,025)^4$

8.2.5. Cálculo do Tempo Necessário para que a Vazão Encha o Reservatório

Uma vez determinado o volume necessário para atender à demanda da população para os próximos 20 anos, bem como o volume preliminar para o reservatório, pretende-se estimar também o tempo necessário para que, considerando demanda variável com o mês, o reservatório seja enchido.

Com a finalidade de avaliar a habilidade do software em extrair informações de bancos de dados (pluviometria e demanda, em formato DBF) e processá-las em conjunto com informações gráficas, foi questionado ao SPANS para que obtivesse as informações de tabela contendo dados de demanda e precipitação média mensal. A partir daí, e considerando a população abastecida e o coeficiente de escoamento, calcula-se o tempo para que seja enchido o reservatório. Os passos para realização do exercício foram⁴:

a) Tratamento do arquivo DBF (Exportação/Importação)

Para realizar a pesquisa em um banco de dados, o programa SPANS requer inicialmente que este banco de dados esteja na forma de colunas, em formato ASCII. Assim, para tornar o banco de dados em formato DBF (Dbase) compatível com o formato aceito pelo SPANS (tabela - TBA- em formato ASCII) deve-se primeiramente exportar em formato ASCII, delimitados com caracter em branco (DELIMITED WITH BLANK) estes dados.

Em seguida, é colocado um cabeçalho nas primeiras linhas do arquivo ASCII, e os dados são importados no SPANS através de IMPORT/LIBRARY/TABLE e IMPORT/POINTS.

b) Criação da tabela com dados da demanda mensal.

Consiste de uma tabela simples, com cabeçalho formado segundo as normas especificadas no manual do SPANS (Tabela VIII, Anexo A), contendo os seguintes dados:

⁴ As equações consideram, a título de exercício, que o reservatório foi posto em funcionamento no mês de maio/94 e que a demanda é variável ao longo do ano. Considera-se a demanda atual, com dados coletados junto ao SAMAE/Cocal do Sul.

Quadro 8.4 - Dados para cálculo do tempo para encher o reservatório

MÊS	DEMANDA (m ³ /mês)	PRECIPITAÇÃO MÉDIA (mm/mês)
maio/94	29,07	96,09
junho	28,726	83,54
julho	28,841	90,69
agosto	30,409	111,46
setembro	34,727	125,56
outubro	32,020	126,15
novembro	31,467	119,95
dezembro	34,510	139,19
janeiro	33,681	197,45
fevereiro	33,112	196,57
março	31,535	162,08
abril/95	34,912	103,28

c) Equações utilizadas

O grupo de equações responsáveis pelo cálculo deste intervalo de tempo será:

Quadro 8.5 - Equações utilizadas para cálculo do tempo para encher o reservatório

```
"Area de contribuicao (km2):"
areacon=input;
"Coef, escoamento (decimal):"
escoam=input;
"Coluna da demanda mensal (m3):"
demmensal=field(input);
"Coluna da precip, mensal (mm):"
prec=field(input);
vazao=escoam*areacon*1000000*prec/1000;
superavit=vazao-demmensal;
total=total+superavit;
result(demmensal,vazao,superavit,total)
```

Os relatórios desta simulação, para os coeficientes de escoamento de 10, 20 e 40% são de 3 anos, 11 meses e 4 a 5 meses, respectivamente, dispostos nas tabelas XII-A a XII-C.

8.2.6. Tempo de Concentração e Vazão Máxima

Também outro índice importante para o conhecimento do regime hidrológico na região é o TEMPO DE CONCENTRAÇÃO (t_c), que nos permite avaliar que quantidade de tempo a precipitação ocorrida demanda para deixar completamente a microbacia. Os cálculos de t_c e $Q_{máx}$

$$t_c = 16.L / [60.(1,05 - 0,2.p).(100.S)^{0,04}] \quad (8.8)$$

onde:

L = comprimento do rio, medido utilizando ANALYSE/DISTANCE:

total: 11.193 m barragem 1: 2.894 m

p = índice de cobertura vegetal, obtido através de tabelas de análise de áreas (área de mata/área total) - Tabela IX-A e IX-B, Anexo A:

total: 0.53 barragem 1: 0.625

S = declividade média do leito do rio

$$S_t = \Delta h / \Delta L \text{ (em m/m)} = (364 - 54)/11193 = 2.77 \% \quad (8.9)$$

$$S_{b1} = (364-80)2894/ = 9.81 \% \quad (8.10)$$

$$t_{ct} = 2.524 \text{ min; } 42,1 \text{ horas} \quad t_{cb1} = 633 \text{ min; } 10,6 \text{ horas}$$

O cálculo do tempo de concentração pretende demonstrar a importância do estudo das chuvas a nível diário dentro do mês de mínima precipitação. Seu conhecimento permite demonstrar uma das razões para a construção do reservatório:

Quadro 8.6 - Cálculo da precipitação mínima para atender à demanda

consumo mensal (20 anos) = 141.750 m³
 área da microbacia = 28.000.000 m²
 PRECIPITAÇÃO MÍN = p_{min} = 141750/(0,40 * 28000000) = 12,7 mm

Calculando o tempo de concentração desta microbacia chega-se ao valor de 42,1 horas para que a gota de precipitação caída no ponto mais distante da foz, escoe por toda a rede de drenagem e deixe a microbacia, ou seja, em 42,1 horas toda a precipitação terá deixada a área da microbacia em estudo. Este dado é fundamental no cálculo da vazão máxima e, conseqüentemente, no dimensionamento do vertedor.

Entretanto, o cálculo da vazão máxima fica prejudicado em função da carência de dados referentes à vazão superficial do rio Cocal. Os melhores métodos que podem vir a ser utilizados no caso desta ausência de informações é a correlação com bacias vizinhas (homogênea quanto a aspectos fisiográficos), uso do método racional ou utilização de informações provenientes de regionalização de vazões (publicadas por organismos como o Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul). Dados com maior confiabilidade poderão ser obtidos a partir da formação de uma série histórica de vazões, razão pela qual foram implantados os vertedores na área de estudo (item 8.4.4).

8.2.7. Cálculo da Área de Uso Atual do Solo Alagada e Caracterização do Relevo

Uma vez prevista a represa, resta analisar que classes de uso atual do solo estão sendo inundadas bem como sua respectiva área, para cada diferente altura da lâmina d'água. Isto é realizado no SPANS através do simples cruzamento de áreas dos mapas de altimetria e uso do solo (ANALYZE/AREA CROSS TABULATION). A tabela X resultante encontra-se disposta no Anexo A.

O cruzamento de mapas também torna possível a caracterização do relevo da área de contribuição para a represa I. A tabela XI do Anexo A será analisada posteriormente, no próximo capítulo.

8.3. Trabalhos Realizados no IDRISI

Conforme mencionado no capítulo 7, o principal objetivo a ser cumprido no Idrisi era a inserção do banco de dados em software

8.3.1. Entrada de Dados

A entrada de dados no Idrisi ocorreu pela importação dos arquivos no formato DXF, para que fossem editados e preparados para rasterização pelo software. Os arquivos DXF foram inseridos inicialmente no software TOSCA, visando detectar-se a presença de arcos abertos, cruzamento de arcos e outras irregularidades.

Uma vez detectados e anotados os erros, optou-se pela edição do arquivo em AUTOCAD, pois apresenta melhores recursos de zoom e edição de linhas. Em seguida o produto era gravado em formato DXF, e novamente importado pelo TOSCA.

Corrigidos os erros de digitalização, foi aplicada topologia aos arcos, atribuindo-lhes sua respectiva classe. O módulo CYCLE do Idrisi executou a marcação de arcos com problemas, produzindo os polígonos a partir daqueles que estivessem sem defeitos.

O nível de dificuldade sentido na entrada de dados pelo Idrisi foi bastante menor do que no SPANS. Alguns procedimentos específicos para a entrada de dados vetorial foram desenvolvidos para o Idrisi, o que facilitou a importação de arquivos.

8.3.2. Escolha do Melhor Local para Implantação da Represa

À semelhança dos procedimentos adotados para a seleção de pontos para locação da barragem no SPANS, devem-se seguir os trabalhos realizados no Idrisi com a mesma finalidade. Neste caso, entretanto, será feita descrição mais sucinta, posto que a maioria dos detalhes já foi explanada no item 8.2.

a) Confeção do Nível "Focos de Poluição"

O mapa de "Focos de Poluição" foi digitalizado em MICROSTATION e, em seguida, importado em formato DXF pelo Idrisi (v. item 8.3.1), aplicando-se a correta topologia aos seus arcos.

b) Criação do Mapa Hipsométrico

Ao contrário da interpolação utilizada para o SPANS, no Idrisi optou-se pela atribuição de topologia a cada um dos arcos do arquivo DXF proveniente do MICROSTATION. Este processo, apesar de bastante cansativo em função do número de diferentes arcos (próximo de 1000), pode ser concluído em poucas horas, apresentando total conformidade com as curvas de nível

c) Overlay dos Níveis de Informação

O Idrisi, a exemplo do SPANS, possui módulo que permite combinar a informação de diversos níveis em apenas um, através da sobreposição de seus elementos. Deve-se lembrar que, para o propósito de se realizarem análises espaciais, caso todos os mapas devem estar na forma RASTER. A figura 8.22 apresenta o mapa de solos da microbacia, sendo sobreposto pelos níveis de rede viária e focos de poluição (estes últimos na forma VECTOR)

d) Visualização do Modelo Digital de Elevação (DEM)

Para a formação do DEM optou-se por efetuar uma redução no número de colunas da imagem produzida pelo overlay do item c) e também do mapa hipsométrico, a fim de proporcionar uma visão tridimensional com a ausência de sombreamentos indesejáveis.

Também o Idrisi proporciona recursos de visualização como: escolha da paleta de cores, legenda, zoom, ângulo de inclinação da base e posição do observador.

e) Localização de Pontos Potenciais (PP) para Construção da Barragem

Levando-se em conta os mesmos critérios adotados para o SPANS(item 8.2.2.e), selecionou-se a partir do mapa de overlays e do DEM, as possíveis posições para implantação de uma represa na microbacia. As posições selecionadas a partir do Idrisi foram as mesmas obtidas pelo SPANS, como já era de se esperar.

f) Previsão de Área Mínima de Precipitação

A área mínima calculada pela equação 8.1 (2.8 km²) valeu também para o exercício com o Idrisi. Com o auxílio do comando AREA foram calculadas novamente as áreas de contribuição para cada um dos pontos selecionados, resultando os seguintes valores: Área I: 3.37 km²; Área II: 1.46 km²; Área III: 3.02 km².

Confrontando-se a área mínima com as áreas I, II e III, chega-se novamente à conclusão de inviabilidade prévia na utilização do ponto II.

g) Delimitação das Áreas de Contribuição de cada um dos PPs

O mapa original da microbacia foi recortado tendo como base o polígono que delimita o divisor de água para os pontos I (figura 8.9). O ponto III foi desconsiderado, visto que já foi analisado no item 8.2 (v. item 8.2.3).

b) Cálculo do Volume a ser Armazenado em cada uma das Represas

A fim de diversificarem-se as possibilidades de utilização do SIG, o cálculo do volume armazenado no ponto I em função da altura da represa (preliminar em função da pequena escala) foi realizada através de programação em linguagem Quick Basic, tendo como dados de entrada o relatório gerado pela função AREA do Idrisi, sobre o mapa hipsométrico.

A listagem fonte do programa VOLUMEAG.EXE está disposta no Anexo B deste trabalho, sendo que a tabela com os resultados está disposta no Anexo A. Os dados de entrada estão dispostos no quadro 8.7.

Quadro 8.7 - Resultado do comando AREA sobre o mapa de altimetria no ponto I

Classe	Área I (km ²)
80-90	.0631
90-100	.05061
100-110	.03891
110-120	.03040
120-130	.0361
...

8.3.3. Cálculo do Tempo Necessário para que a Vazão Encha o Reservatório

À semelhança do procedimento adotado para o SPANS, o arquivo contendo o banco de dados em formato DBF foi exportado para atender às exigências de um arquivo de banco de dados do Idrisi. A tabela utilizada com os dados de demanda e vazão é a mesma apresentada no item 8.2.5.b).

8.4. Trabalhos de Campo

Nos meses de março, abril, maio e junho de 1995 foram executadas diversas visitas a campo, num total de mais de 250 horas efetivas de trabalho de reconhecimento e levantamento de dados. Foram executados trabalhos de reconhecimento, levantamento de pontos com GPS, instalação de medidores de vazão e coleta efetiva de medidas de vazão e amostras de solo e água para análise..

8.4.1. Reconhecimento

Uma vez determinado no sistema SPANS os locais prováveis para a implantação da obra, procedeu-se a uma intensiva expedição de reconhecimento (principalmente de relevo) das áreas a serem inundadas, cujo principal objetivo foi confrontar informações já existentes (mapas e fotos aéreas) com a realidade existente "in loco".

Nesta primeira etapa foram também iniciados contatos com as autoridades e representantes locais para comunicar o andamento dos trabalhos e também obter o apoio necessário ao prosseguimento destes.

A etapa de reconhecimento foi necessária durante quase todo o trabalho de campo, uma vez que a cada nova evidência de perturbação (poluição, ...) uma confirmação deveria ser levantada.

Anteriormente ao levantamento topográfico em grande escala, foi necessário que se confrontasse o mapa existente (1:20.000, Seiffert, 1994) com a realidade de campo (reambulação). Neste processo foram constatados alguns erros provenientes da restituição aerofotogramétrica, no sentido do traçado de talwegs (figura 8.15). Através da visita à densa mata secundária, constatou-se a existência de dois novos vales, que também precisariam ser levantados por métodos convencionais de topografia.

Previamente ao início dos trabalhos de topografia foram consultados todos os proprietários das terras que teriam provável alagamento, para que se obtivesse a devida autorização para entrada e estudo nestas áreas .

8.4.2. Levantamento de Pontos com GPS e Topografia

O levantamento com GPS (*Global Positioning System*) e através de topografia convencional (taqueometria), teve como meta principal o seccionamento de perfis do terreno a fim de se determinar a exata localização da obra. Somente a partir deste fato é que poderá ser iniciada a etapa de projeto e levantamento detalhado de dados.

Tanto o levantamento com GPS, realizado em 28/04/95, como o topográfico, em 21, 22 e 23/06/95, contaram com o apoio do Eng^o Cartógrafo Francisco Henrique de Oliveira, coordenando a equipe fornecida pelo setor de Agrimensura da Pref. Municipal de Cocal do Sul.

a) Levantamento com Global Positioning System (GPS)

O levantamento geodésico para se determinar as coordenadas iniciais nos pontos D e E (figura 8.23) foi realizado utilizando-se um par de antenas GPS da marca TOPCON, modelo GR-1, bem como um laptop 486 DX50, com os programas MISSION PLANNING, GPPS e FILLNET, utilizados para calcular coordenadas e acompanhar o levantamento a campo.

Para o planejamento da missão obteve-se o gráfico disposto no Anexo F, indicando a disponibilidade de satélites e PDOP (*Dissolution of Positional Precision*) As coordenadas do ponto de origem (BAR1), bem como dos pontos D e E (Figura 8.23 - BAR2 e BAR3, respectivamente - Anexo F) resultantes, foram (Sistema UTM, meridiano central 51°):

BAR1: 658141.452 E; 6833571.6582 N (SAD 69); 282.868 m (WGS 84)

BAR2: 658636.9708 E; 6835506.5568 N (SAD 69); 83.421 m (WGS 84)

BAR3: 658150.5613 E; 6835416.7703 N (SAD 69); 83.521 m (WGS 84)

Pelo relatório exposto no Anexo F, pode-se constatar que a precisão e exatidão atribuídos a este levantamento, após triangular com vértice de segunda ordem, mantiveram-se abaixo de 20 e 15 mm, respectivamente. É interessante notar o pequeno desnível encontrado entre os pontos D e E (figura 8.19), dificilmente perceptível "in loco", em função da abundância de vegetação de grande porte.

b) Levantamento Taqueométrico

O levantamento taqueométrico teve como princípio a irradiação de pontos a partir de 12 diferentes estações. Conhecendo-se as coordenadas dos pontos D e E e o azimute do alinhamento DE pode-se iniciar o levantamento taqueométrico da área. O teodolito foi instalado no ponto B (PT1 - figura 8.15), a partir do qual foram determinadas as posições das demais bases.

As bases 1, 2, 3, 11 e 12 localizavam em um pasto, com relevo mudando de inclinação a todo instante; ao passo que as demais bases (4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10) estão posicionadas em densa mata, o que tornou bastante trabalhosa a irradiação, levando a abertura de inúmeras picadas.

Uma vez instalado o aparelho, foram demarcados pontos notáveis no terreno, sendo lidos os ângulos horizontal e vertical de visada, bem como a posição do retículo na mira. Obtidas estas leituras, foram processados os valores correspondentes a cada ponto, a fim de se determinarem suas coordenadas.

O formulário utilizado e deduzido para o cálculo das coordenadas x e y (projeção UTM) e z (cota) foi o seguinte:

b1) Cálculo da diferença de nível, alinhamento, distância ao aparelho e cotas

- **azimute:** uma vez lido o azimute inicial com o apoio de uma bússula, os azimutes de cada alinhamento foram determinados a partir do azimute do alinhamento anterior e deflexão;
- **D,** distância horizontal ao aparelho:

$$D = (S-I) \cdot \text{sen}^2\alpha \cdot 100, \quad (8.11)$$

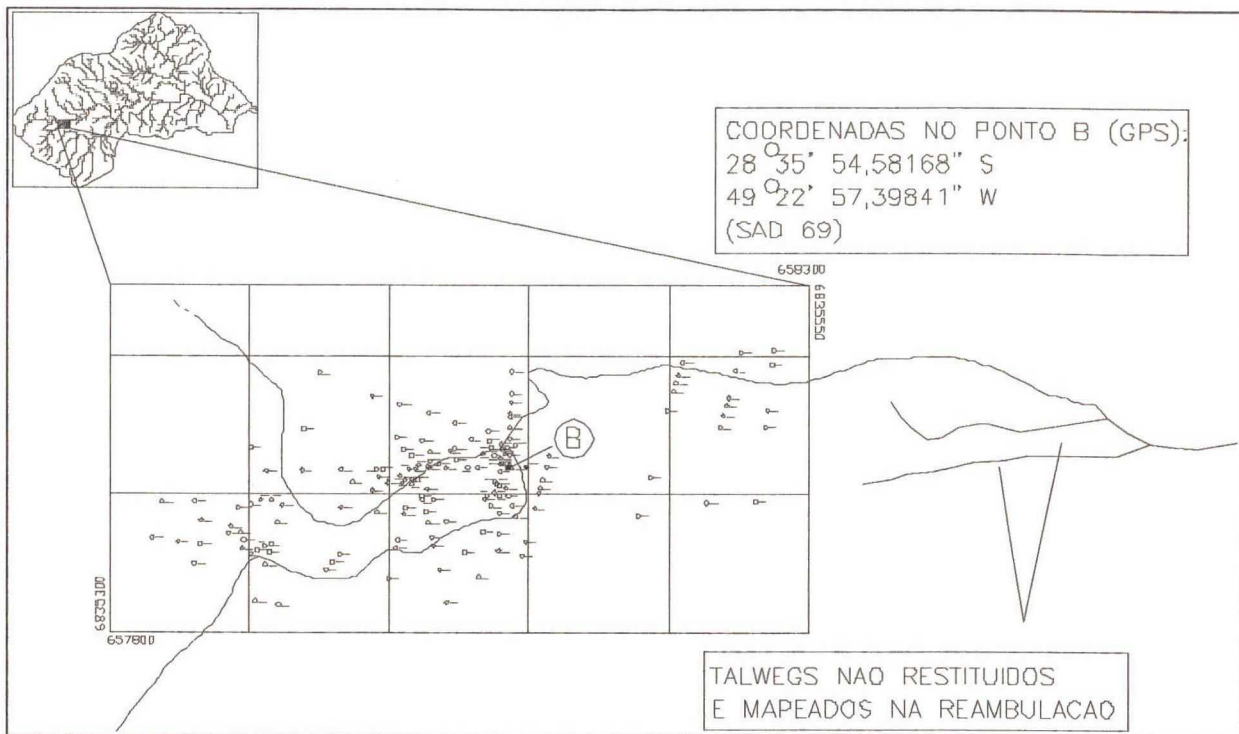


Figura 8.15 - Esquema do Levantamento Topográfico

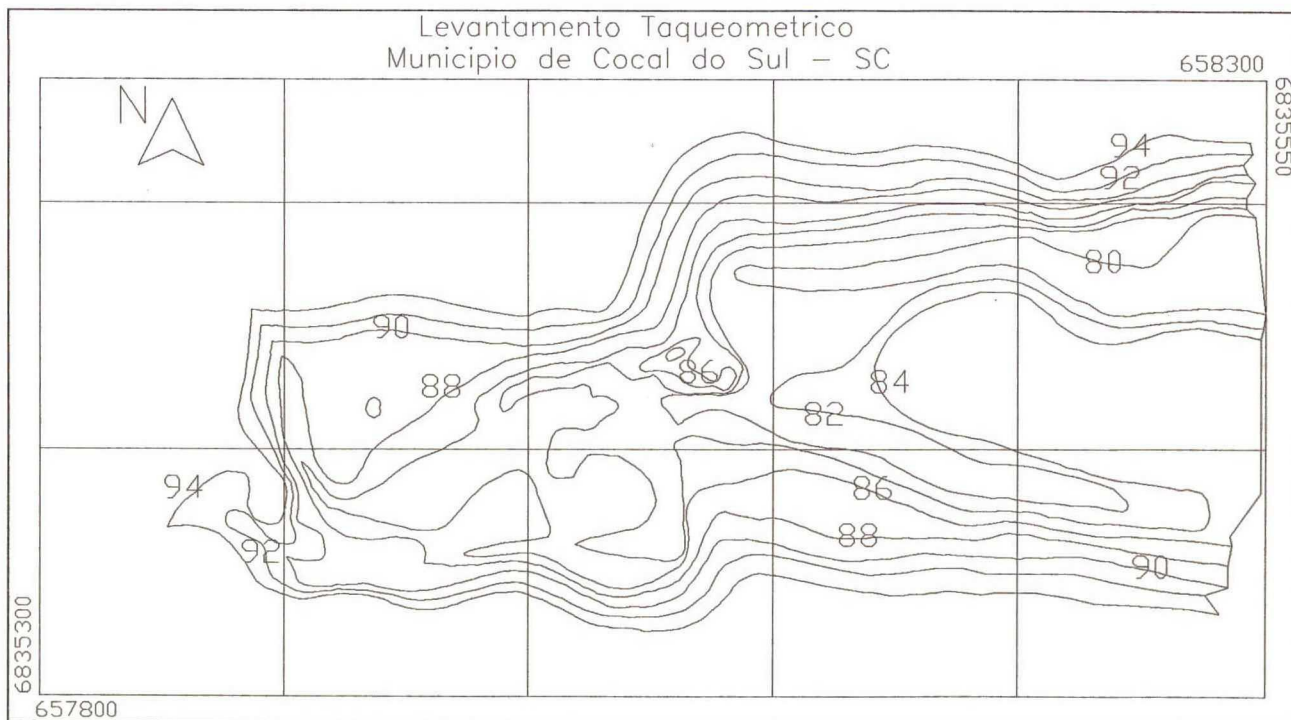


Figura 8.16 - Curvas de Nível resultantes do levantamento topográfico por taqueometria - CAD

onde: S = fio superior; I = fio inferior; α = ângulo vertical lido no aparelho.

- H, cota :

$$H = H_0 + D.tg\alpha + (h-M), \quad (8.12)$$

onde: H_0 é a cota inicial na estação; h = altura do aparelho e; M = fio médio da película.

b2) Cálculo das coordenadas UTM planimétricas de cada ponto

A partir das coordenadas do ponto B (figura 8.15), foram obtidas por trigonometria as posições dos demais pontos irradiados:

$$UTM_x = D.\cos\beta ; UTM_y = D.\sen\beta, \quad (8.13)$$

onde: β é o ângulo horizontal lido, sendo 0° o ângulo com o Norte Verdadeiro.

A planilha de cálculo destes pontos encontra-se no Anexo F deste trabalho. Seu cálculo foi realizado através de planilha eletrônica. O mapa altimétrico resultante é apresentado na figura 8.17.

8.4.3. Identificação de Nova Fonte Poluidora

Em visita às cabeceiras dos afluentes selecionados para suprir água ao reservatório, nada foi constatado quanto à existência de elementos poluentes na maioria dos córregos. Entretanto, quando explorado o afluente mais a Sudeste (ponto 4, figura 8.2), visualizaram-se enormes depósitos de resíduos da extração de carvão, provenientes de duas bocas de mina já abandonadas.

A enorme quantidade de material piritoso depositado junto às margens e no próprio leito do córrego (figura 8.19) levou à preocupação de realizar novas amostras localizadas de água, situadas nos pontos A, B, e C (figura 8.23). Também no açude (ACUDE, figura 8.23) foi levantada a suspeita de poluição por dejetos de suínos, uma vez que uma pequena granja encontra-se instalada às suas margens (figura 8.20)

Entrou-se em contato com a FATMA em Florianópolis e SAMAE em Cocal do Sul, para a análise das amostras, que prontamente atenderam ao pedido. Em função da proximidade e facilidade de transporte, as análises foram realizadas no próprio município, pelo SAMAE.

As amostras de água e sua análise, considerando elementos químicos, físicos e

biológicos, foram obtidas nos pontos A, B e C (figura 8.19) e realizadas pelo operador da ETA/SAMAE, Sr. Neri José Duarte, em 14/06/1995 e 23/06/1995. Os resultados obtidos destas 4 amostras preliminares estão dispostos no Anexo C.

8.4.4. Coleta de Informações sobre as Vazões nos Córregos

A ausência de informações sobre a vazão dos córregos que integram a rede supridora de água à barragem levou à instalação de dois medidores de vazão, nos pontos A e B (figura 8.19). Estes medidores, fornecidos pela Prefeitura Municipal de Cocal do Sul, foram projetados em eucalipto, em virtude de sua durabilidade, com as dimensões expressas na figura 8.21. A figura 8.7 fornece uma idéia do volume escoado no mês de junho/95.

Os registros de vazão são elementos indispensáveis à caracterização da hidrografia da área de estudo, visando a elaboração da fase final do projeto de implantação de um reservatório de água potável. Mas, além da existência destes registros, deve-se ter a preocupação de registrar uma série relativamente longa de dados, para que se tenha segurança sobre a sua representatividade para os fenômenos analisados.

Uma vez instalados os medidores de vazão, foi instruída a coleta periódica das alturas registradas nas régua dos vertedores, sendo fornecida a planilha para o registro dos dados.

O cálculo das vazões será feito a partir da fórmula corrigida de Francis para duas contrações (Netto & Alvarez, 1976):

$$Q = 1,838 \left(L - \frac{2H}{10} \right) H^{\frac{3}{2}} \quad (8.14)$$

onde L é a largura do vertedouro e H a altura da lâmina de água na régua graduada.

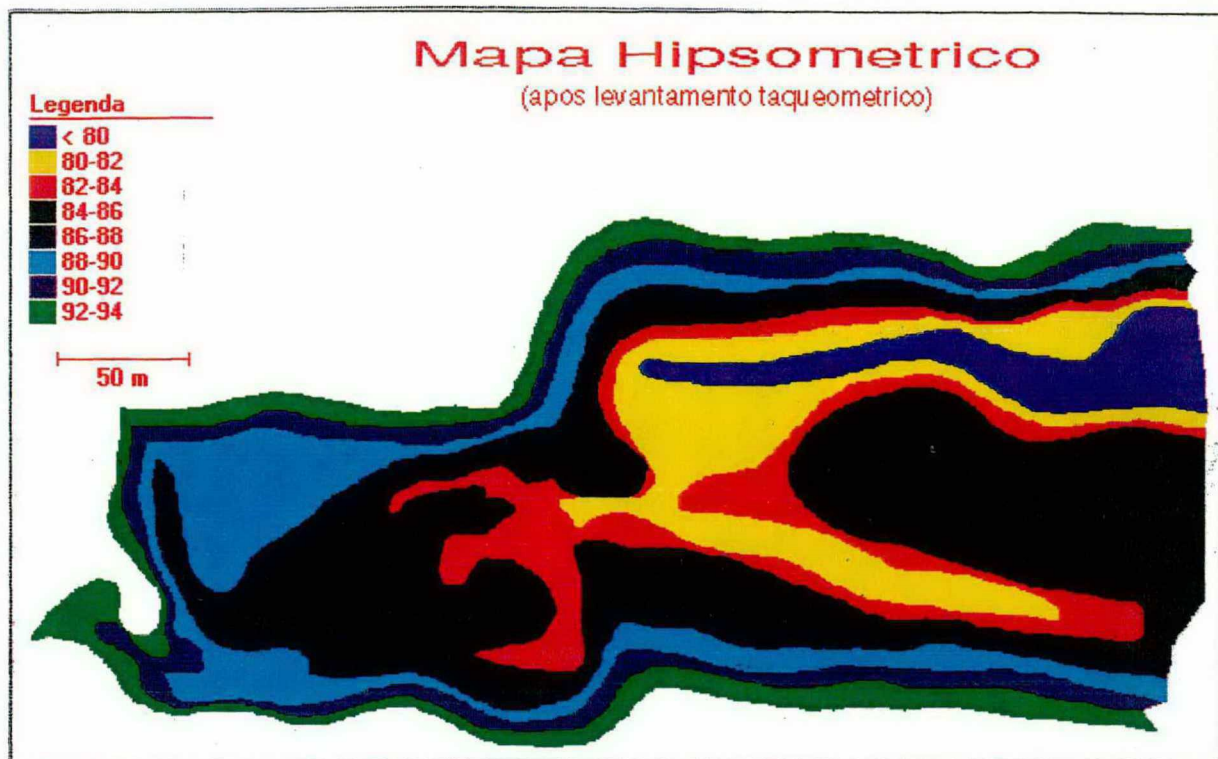


Figura 8.17 - Mapa hipsométrico gerado pelo levantamento taqueométrico - raster (SPANS)



Figura 8.18 - Posição dos cortes para avaliação do modelo de cálculo de volume



Figura 8.19 - Novos focos de poluição: água do córrego a jusante da mina abandonada, antes do açude.



Figura 8.20 - Novos focos de poluição: Suinocultura a montante do açude

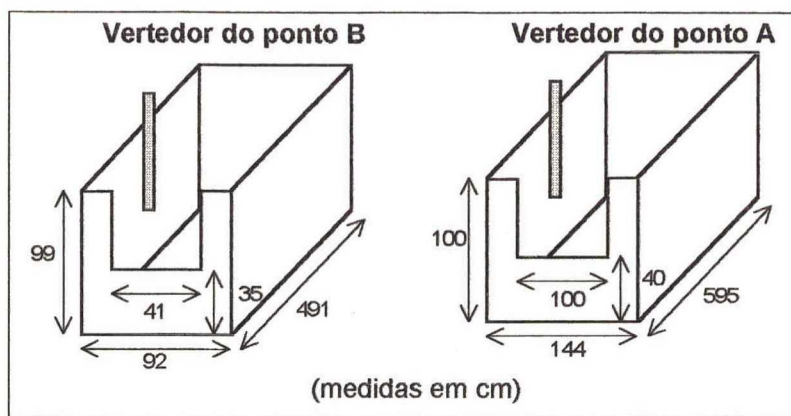


Figura 8.21 - Vertedores instalados nos pontos A e B

8.4.5. Análise do Solo, com Vistas ao seu Uso no Corpo da Represa

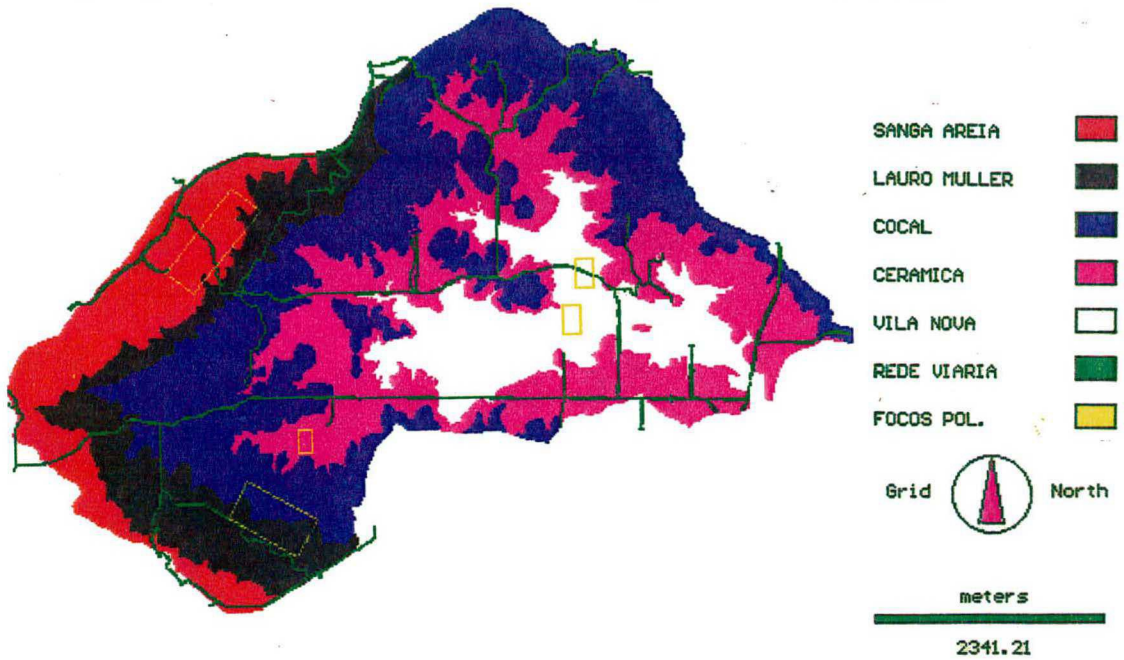
A análise de mapas de geologia e geomorfologia locais constituem importantes fontes de informação sobre os solos locais. Entretanto, sob orientação técnica da Profª MSc. Engª Glaci Trevisan Santos, foram determinados como necessários aos estudos preliminares para implantação da barragem a coleta de amostras de solo local, com vistas à sua utilização no corpo da barragem. Esta análise prevê os ensaios de caracterização (Limite de Liquidez, Limite de Plasticidade, Granulometria, Densidade Real dos Grãos) e compactação (Próctor Normal), realizados sob amostra deformada.

As amostras foram coletadas em 14/05/1995 e 23/06/1995 nas posições apresentadas nas figuras 8.24 e 8.25, em meio a pastagem e no talude da mata (pontos PT2 e P1 do levto. taqueométrico, respectivamente), considerados representativos de grande parte do material existente na área. As amostras coletadas foram extraídas após limpeza da superfície, nos horizontes B, num total aproximado de 50 quilogramas.

8.5. Programação e Uso de Outros Softwares

Foi utilizada programação para suprir as deficiências dos softwares, ou mesmo agilizar alguns procedimentos. A necessidade de programação foi sentida principalmente na etapa de importação de dados, pois muitas vezes o formato existente dos dados difere daquele aceito pelo software:

**MAPA DE SOLOS DA MICROBACIA DO RIO COCAL
(sobreposição dos temas: Focos de Poluição e Rede Viária)**



Idrisi

Figura 8.22 - Mapa gerado pelo Idrisi, representando as Séries de Solos existentes na Microbacia do Rio Cocal, com sobreposição dos temas Focos de Poluição e Rede Viária.

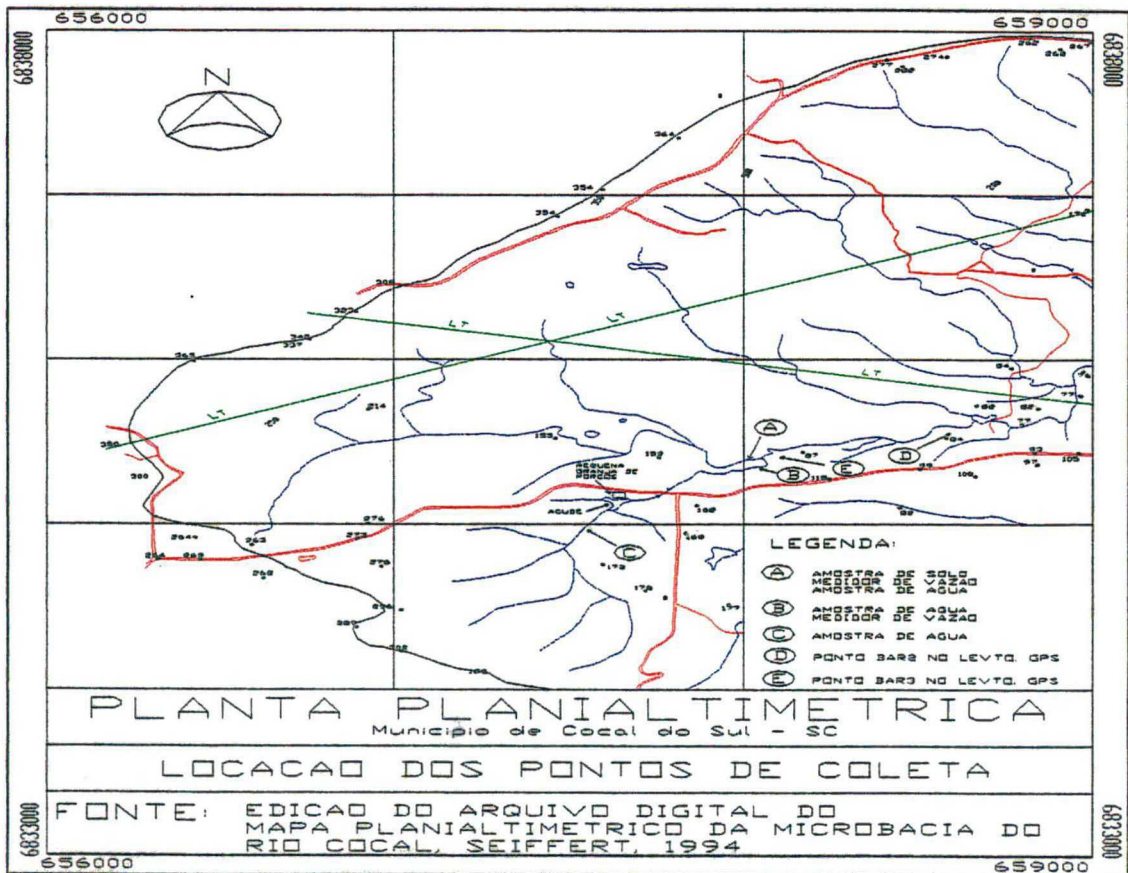


Figura 8.23 - Localização dos pontos de amostragem



Figura 8.24 - Amostra de solo retirada do pasto, junto ao vertedor



Figura 8.25 - Amostra de solo recolhida em meio a mata

- a) Programa para ajustamento da coordenada y, envolvendo a retirada e colocação do milhão (6.000.000_ do arquivo DXF. Isto se deve em virtude da limitação do MICROSTATION em operar coordenadas acima do milhar;
- b) programa para inserção de coordenadas e cota do arquivo em planilha feito a partir do levantamento taqueométrico;
- c) Execução do cálculo de volume d'água acumulado, entre outros.
- d) Destes programas, destacam-se os apresentados nos itens B) e C). A rotina para inserção de dados do levantamento taqueométrico em arquivo DXF possibilitou que em apenas alguns segundos todas as coordenadas calculadas a partir do levantamento taqueométrico fossem inseridos no CAD. O programa usa uma combinação de arquivos em planilhas eletrônicas com o formato DXF, para inserir os pontos no CAD via importação DXF -> DWG.

Os outros programas mostram que também é possível que se executem modelos em ambiente externo ao SIG, desde que este forneça a base de dados necessária. Conhecendo-se a estrutura dos arquivos TBA (SPANS) e VAL (Idrisi), é possível programar qualquer um dos cálculos aqui apresentados. O programa VOLUMEAG.EXE executa o cálculo da área inundada a partir de um relatório de áreas expresso pelo software.

A programação ressalta a importância de que os softwares SIG produzam relatórios em formato ASCII e também da necessidade de conhecimentos básicos em programação por parte do usuário.

Complementar ao uso dos SIGs, a transformação e geração de novos dados também foi realizada utilizando-se software específico para executar modelos digitais de elevação.

Neste software foram processados a interpolação de iso-curvas a partir dos pontos de altimetria (1:20000) e levto. topográfico. Também uma visão tridimensional da área foi executada. O software permite visões do DEM, sendo possível a alteração de parâmetros como a posição do observador, ângulo de inclinação da base, entre outros (figura 8.26 e 8.27).

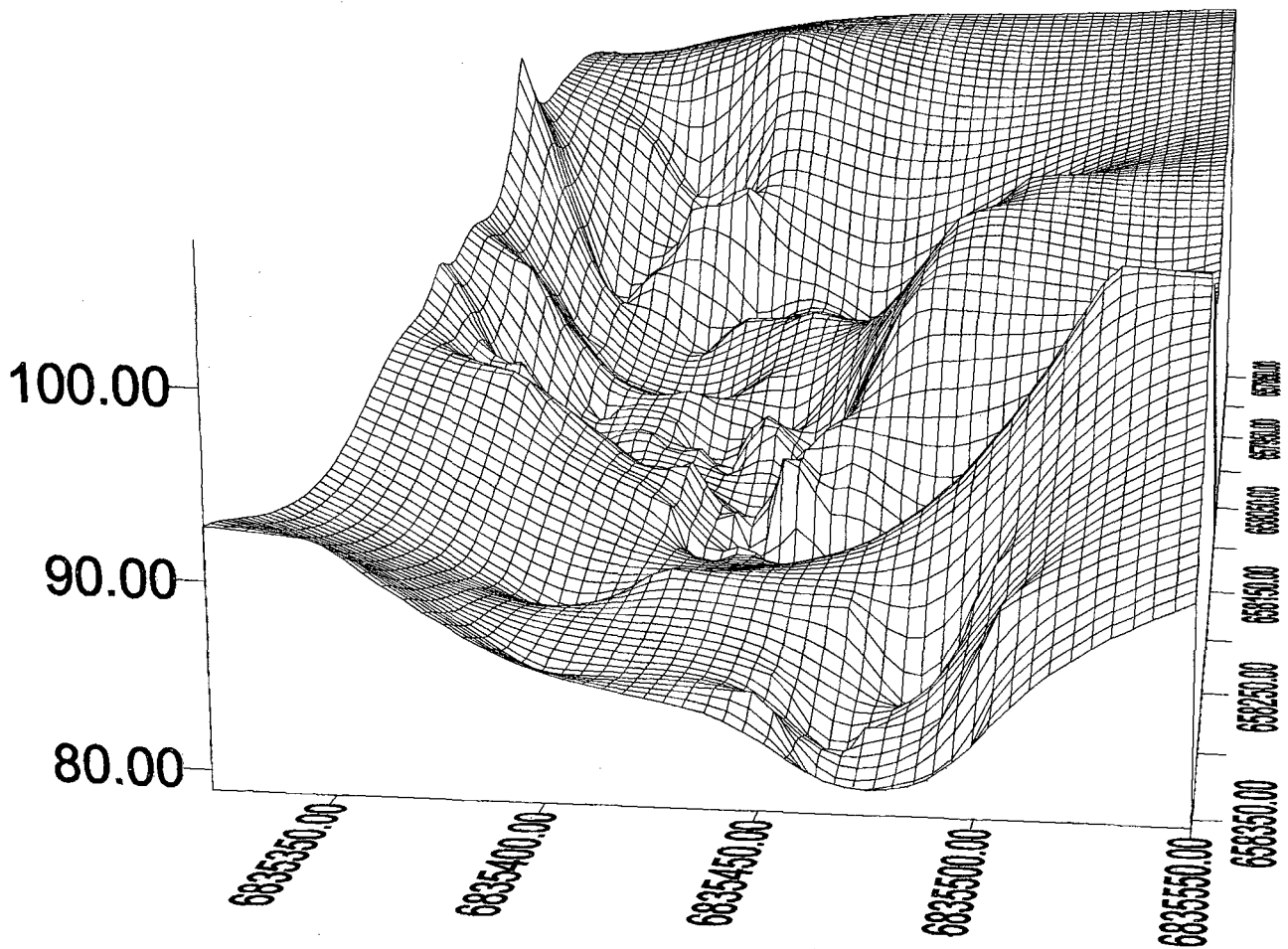


Figura 8.26 - Superfície tridimensional gerada a partir do levto. taqueométrico

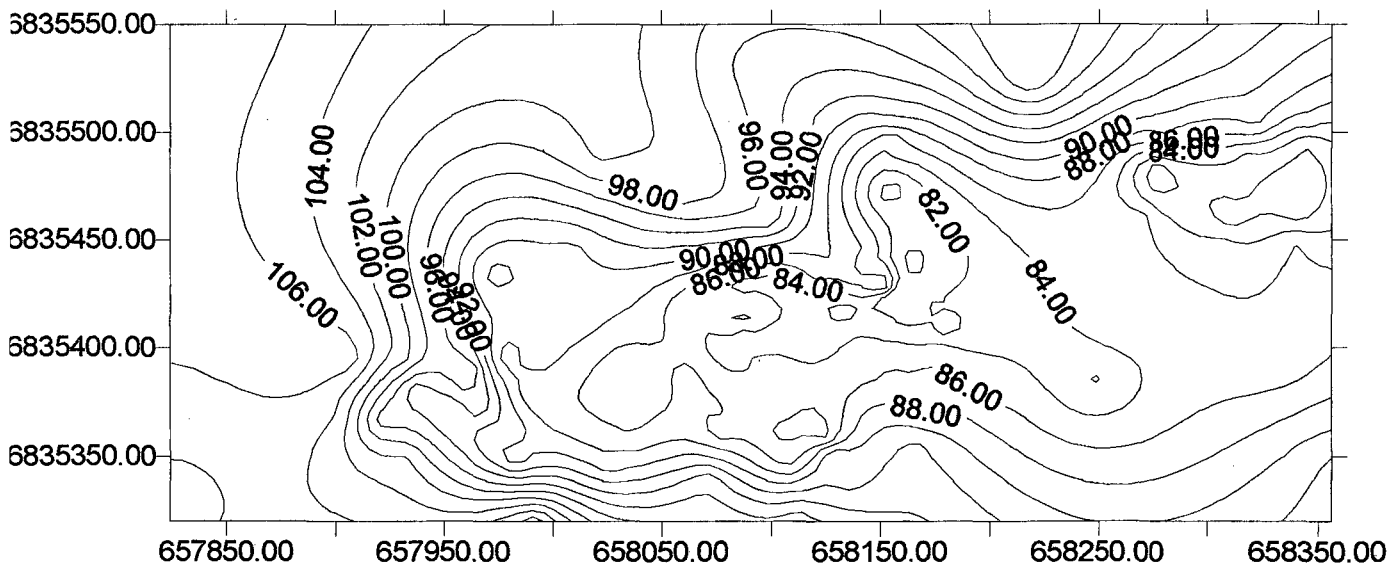


Figura 8.27 - Iso-curvas geradas a partir do levto. taqueométrico

Capítulo 9

Análise dos Resultados

Este capítulo discute os resultados obtidos, a fim de que se possam obter conclusões sobre os dados coletados, ferramentas utilizadas e a consecução dos objetivos propostos. Assim, subdivide-se este capítulo, didaticamente, em três partes distintas: a) análise quanto ao local de edificação da barragem e dos dados coletados a campo; b) análise da tecnologia e dos softwares empregados em função do planejamento em governos locais e; c) principais dificuldades encontradas.

9.1. Da Edificação da Barragem

As questões de poluição de mananciais demandam que autoridades ligadas à gerência do recurso tomem providências legais e iniciem a construção de um banco de dados para entendimento e utilização racional dos recursos hídricos e, providenciem a educação da população para preservação do recurso, em função da necessidade de seu consumo. Conforme se viu pela revisão bibliográfica, o fato tem sido evidenciado por diversos autores, já há mais de 35 anos.

9.1.1. Análise das Amostras de Água

Os resultados das análises realizadas pelo SAMAE em 14 e 23 de junho de 1995, envolvendo avaliação de características físicas, químicas e bacteriológicas das águas dos córregos que virão a suprir o reservatório, podem ser resumidos pelo quadro 9.1.

Quadro 9.1 - Síntese dos resultados das análises da água nos pontos A, B e C (figura 8.18)

Exame	un.	em 14/06/95			em 23/06/95		
		A	B	C	A	B	estação SAMAE
Exame Físico-Químico:							
Temperatura: água e ar	°C				15	15	12 e 8
Alcalinidade ao Alaranjado de metila	mg-l				13	12	7
gás carbônico livre	mg-l				9	9	9
cor					15	20	10
pH		7,1	6,7	6,5	7	6,7	5,8
turbidez	Ntu				3,7	4,3	2,6
oxigênio dissolvido	mg-l				12	11	12
oxigênio consumido em meio ácido	mg-l				1	1,2	2,5
dureza tota - bruta e tratada	mg-l				30	28	28
ferro total - bruta e tratada	mg-l	0,3	0,5	0,5	0,17	0,6	.3
cloretos - bruta	mg-l				3,63	4,3	3,16
alumínio residual	mg-l				0	0	0
fluor S/D - bruta	mg-l				0,2	0,4	0,3
Exame Bacteriológico:							
coliformes total	un.	1600	>1600	>1600			

A análise do quadro 9.1 permite a anotação de algumas características interessantes, se comparadas as amostras coletadas nos córregos¹ e na estação do SAMAE:

- quanto ao exame bacteriológico, fica clara a alta taxa de coliformes em todos os pontos de coleta, sobretudo em 14/06, quando foi registrada precipitação nas últimas 24 horas, e a lixiviação causada pelas águas da chuva carregou elementos poluentes para os leitos dos córregos. Esta água, no entanto, apresenta ainda condições de ser tratada;
- para os pontos B e C pode-se prever que tal contaminação tenha sido gerada pela existência da granja de porcos, cujos dejetos são carregados para o interior do açude (figura 8.19 e foto 8.4);
- ainda em 14/06, obtiveram-se valores bastante positivos nos pontos A, B e C para pH e ferro total, indicando o não comprometimento da qualidade do manancial pela mina abandonada, ou mesmo pelas camadas de carvão do Membro Siderópolis, situadas nas regiões a montante dos pontos de coleta. Se comparados aos resultados obtidos por Seiffert (1994), dispostos no quadro 9.2, para outros pontos da microbacia, a utilização deste manancial representa um incremento na qualidade do recurso que será suprido à população;
- para a coleta em 23/06, observou-se uma redução à metade no índice de ferro total no ponto A, paralelamente a um acréscimo de 0.1 mg-l no ponto B. Para ambos a água encontra-se ainda em condições de ser tratada;
- se comparada à coleta na barragem do SAMAE, os pontos A e B apresentam melhores condições de pH, naturalmente situados nos limites impostos pela legislação (6.5 a 8.5);
- os demais parâmetros analisados em 23/06, apresentam-se em conformidade com o disposto na legislação vigente (Anexo F).

¹ Os pontos A, B e C podem ser localizados na figura 8.19. O açude a que se refere o texto está também representado naquela figura.

Seiffert (1994) aponta focos potenciais de poluição da microbacia do rio Cocal, resumidos no quadro 9.2:

Quadro 9.2 - Problemas constatados em amostras que comprometem a potabilidade.

Fonte: Seiffert, 1994

Época	Local	pH	Fe/tot	Nitrato	Coliformes	
					Totais	Fecais
6/94	1	4,3		9,52	13000	50
	2				23000	500
	3				8000	300
	4				8000	130
	5				1300	70
	6				5000	500
	7				800	4
	8				500	7
10/94	1	4,3	4,8		7000	1100
	2		2,6		90000	1100
	3		2,4		160000	8000
	4		3,4		240000	30000
	5		-		3000	800
	6		3		160000	50000
	7		1,6		50000	8000
	8		2,8		130000	130000

9.1.2. Análise das Amostras de Solo

A cobertura vegetal da área gerou grande quantidade de matéria orgânica na área a ser inundada pela barragem - praticamente toda área de mata, ou 4.72 ha (tabela X, Anexo A). Para garantir a qualidade da água do reservatório, esta cobertura deve ser removida com o apoio de uma draga.

O quadro 9.3 apresenta uma síntese dos resultados obtidos com a análise das amostras coletadas a campo. Classificaram-se os solos pelos padrões da HRB nas classes A7-5 (amostra 1, da figura 8.6, solo coletado na área onde se pressupunha Cambissolo/Vila Nova) e A7-6/A5 (amostra 2, figura 8.5, coletado onde se pressupunha Podzólico Vermelho-Escuro/Cocal).

Quadro 9.3 - Tabela resumo dos ensaios de caracterização e compactação dos solos.

Amostra	Densidade Real (δ_s)	Límite de Liquidez (L.L.) %	Límite de Plasticidade (L.P.) %	Índice de Plasticidade (I.P.) %	γ_{max} (g/cm ³)	Umidade Ótima (h _{opt}) %	Silte Argila (%)	Areia (%)	Pedregulho (%)
1	2,68	41	29	12	1,44	24,4	48	34	18
2	2,75	44	34	10	1,45	25,0	72	27	1

9.1.3. Análise da Área Alagada e do Uso do Solo na Área a Montante da Barragem I

O plano de informação "uso do solo" foi obtido por fotointerpretação

(Seiffert, 1994), tendo a sua inserção no SIG propiciado condições de melhor se avaliarem as características da área inundada.

Considerando o corpo do aterro para a represa no ponto mais a jusante do levantamento taqueométrico, nota-se pela tabela X do Anexo A, que as áreas alagadas são utilizadas apenas com mata nativa e pasto. Para uma represa com 10 m de altura (cota 90) as regiões inundadas são de 3,91 ha e 1,36 ha, de mata² e pasto³, respectivamente, num total de 5,27 ha de terras inundadas.

A pequena área alagada paralelamente ao acúmulo de grande volume pode ser explicado em parte pela análise da tabela XI do Anexo A, onde se apresentam os dados de declividade e altimetria para a microbacia da barragem I. Nota-se que abaixo da cota 90 o relevo apresenta-se predominantemente com declividades em torno de 20% e acima, o que o caracteriza como ondulado a forte ondulado. O relevo com declividades elevadas é propício à construção de barragens, tanto por permitir um melhor aproveitamento da bacia, como por evitar causar danos a áreas propícias ao uso agrícola e reduzir o custo com indenizações.

O uso do solo na barragem I pode ser caracterizado pela tabela IX-B do Anexo A, constatando-se a predominância de vegetação de grande porte (matas: 61 % e florestas: 1%) e plantação de bananas (21 %). Existe portanto, uma boa cobertura vegetal protegendo o manancial.

9.1.4. Volume de Água e Tempo para Encher o Reservatório

A alta declividade das áreas a montante da represa (tabela XI, Anexo A), em cotas acima de 90 m, com inclinações do terreno sempre superiores aos 20 % (forte ondulado a montanhoso), exceto para uma pequena região entre 140 m e 180 m, com declividades abaixo de 20% (ondulado a suave ondulado), associado às medidas de evaporação na estação agrometeorológica de Urussanga (Epagri, 1993), conclui pela adoção de um coeficiente de escoamento em torno de 25 % a 35 % (Agrodata, s/d).

As tabelas XII-A até C, apresentam o volume de água acumulado em um ano, para coeficientes de escoamento de 10%, 20% e 40%, respectivamente. Na última coluna destas tabelas encontra-se o valor do volume que vai sendo acumulado ao longo dos meses, considerando-se a demanda atual. Para um reservatório com capacidade de 425.250 m³ (3 meses de consumo, população futura em 20 anos) pode-se afirmar que a uma taxa de

² (0.34 + 0.75 + 0.65 + 1.34 + 0.43 + 0.37)

³ (0.11 + 0.44 + 0.33 + 0.48)

escoamento de:

- i) 10%, o reservatório levaria cerca de 3 anos para encher;
- ii) 20%, o reservatório levaria cerca de 11 meses;
- iii) 40%, o reservatório levaria cerca de 4 a 5 meses;

A análise da vazão atual, medida pelos vertedouros implantados na área, apresenta um volume médio de escoamento de 25 l/s (90 m³/h), superior a atual demanda para consumo doméstico, de aproximadamente 15 l/s. Esta vazão é suficiente para atender à demanda futura de 100 l/p.dia, para uma população de 22500 hab. Deve-se ainda considerar que esta é uma época de estiagem, com precipitações bem abaixo do normal médio (Anexo D), estando o manancial subterrâneo sendo descarregado.

9.1.5. Local para Implantação do Aterro

Paralelamente aos dados coletados sobre focos poluentes, condições de potabilidade dos recursos hídricos e análises do solo que será utilizado no corpo do aterro, o levantamento topográfico permite que algumas observações sejam inferidas quanto ao local para implantação da represa.

As tabelas VI-A a VI-D apresentam um volume armazenado de 275.000 m³ para uma represa situada no extremo a jusante (extremo Leste - figuras 8.13 e 8.15) deste levantamento, com 10 m de altura (cota 90 m). Tendo em vista a demanda prevista para o município para os próximos 20 anos (141750 m³/mês), este reservatório teria condições de suprir água, desconsiderando-se a infiltração no solo, por dois meses, durante os quais não precipitaria uma só gota.

A consulta à bibliografia indica, entretanto, que a capacidade do reservatório deve ser projetada tendo por base dados de uma série histórica de vazões (em torno de 50 anos). Como estes dados inexistem para a microbacia, sendo a correlação com áreas vizinhas um processo considerado bastante impreciso, deve-se prever reservatório com capacidade mínima para atender aos três meses de menor expectativa de precipitação. Isto implica em se deslocar o eixo do aterro, no mínimo, 200 m a jusante do limite extremo Leste do levantamento taqueométrico.

Outrossim, quanto maior o reservatório, maiores as possibilidades de sua utilização para outros fins, como a piscicultura, irrigação, entre outros.

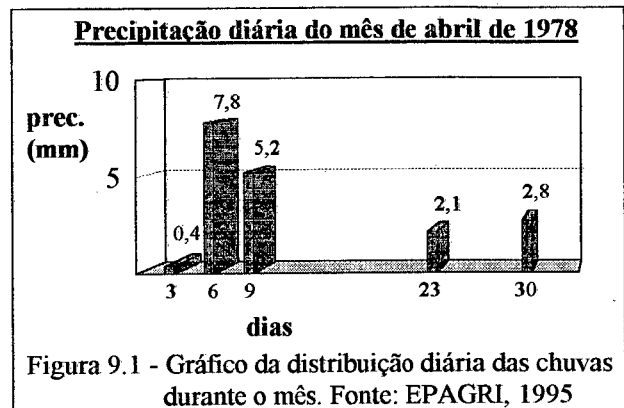
A determinação das cotas nos pontos A e D (figura 8.23) também permitiu aproximar o desnível existente entre a atual estação de captação e o futuro reservatório: aproximadamente 27 metros.

9.1.6. Tempo de Concentração

A área da microbacia até o ponto atual de captação (aprox. 28 km²), se considerada uma previsão de demanda para 20 anos, a um consumo por habitante de 200 l/dia, conduz à conclusão de que aproximadamente 12,7 mm mensais seriam suficientes para atender à população de toda a microbacia (quadro 8.4). No entanto, o rápido escoamento da água pelos leitos dos rios torna este volume disponível por apenas algumas horas do mês (tempo de concentração igual a 42,1 horas), ou seja, sem armazenamento, a população teria água para apenas algumas horas, dependendo depois da capacidade do aquífero subterrâneo;

Mesmo com a precipitação mínima superior a estes 12,7 mm ocorre, na prática, falta de água para atender à demanda da população. Esta carência é perfeitamente explicada pelo parágrafo anterior, ou seja, pelo pressuposto de que a água deixa a microbacia rapidamente, e apenas um pequeno volume pode ser aproveitado para o consumo (caso em que não existe reservatório). Finalizado o período de escoamento da água precipitada na área, ou seja, o tempo para que toda a água precipitada e que não sofreu infiltração, escoe (t_c + tempo de precipitação), o rio e os córregos passam a ser abastecidos pelo manancial subterrâneo (Magalhães, 1989).

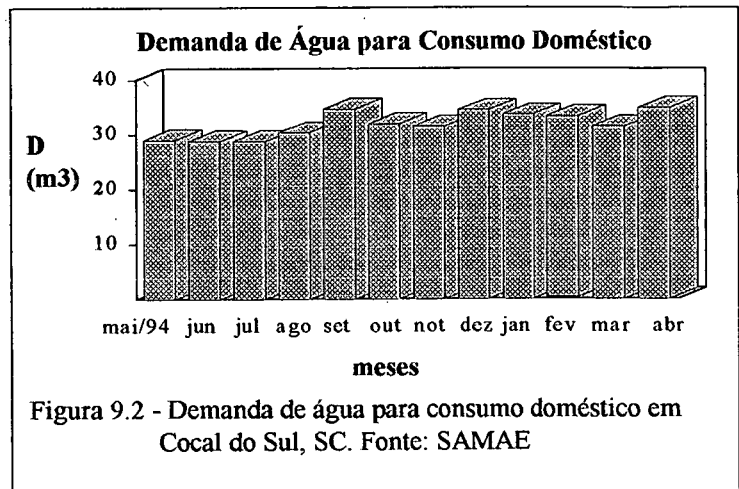
O gráfico da figura 9.1 representa um mês de seca em Cocal do Sul. Pode-se facilmente constatar a insuficiência de água proveniente do escoamento superficial (excluindo a vazão básica), pois encontram-se apenas cinco pequenas precipitações distribuídas ao longo do mês. Deve-se ainda considerar o fato de que um mínimo de 60% desta precipitação é "perdida" em processo de evapotranspiração.



9.1.7. Análise da Demanda

Na análise da demanda considerou-se o alcance do plano por 20 anos, período em que, analisados os aspectos que dizem respeito à cultura do habitante local, a população não deverá exceder os 25000 habitantes. Os dados referentes à demanda atual encontram-se no gráfico 9.2

A previsão de demanda não leva em conta o consumo de águas pelas indústrias, visto que estas não carecem do recurso com características potáveis, sendo-lhes impigido o dever de tratar a água que utilizam. Assim, a taxa de consumo de 200 l/hab.dia (o dobro do consumo atual) é razoável.



O fato de constituir-se de um pequeno município não exigiu também que fossem analisados aspectos referentes a picos de demanda, ou mesmo análise mais acurada desta.

9.2. Análise quanto à Tecnologia Empregada e Softwares

9.2.1. Sistemas de Informações Geográficas

No estudo de caso, a existência de um sistema geográfico de informações facilitou bastante as análises sobre o local de implantação da represa, principalmente após a montagem do Mapa de Decisão I (figura 8.4) e dos modelos tridimensionais para avaliação do relevo.

Entretanto, a inexistência de informações sobre a vazão no rio em pontos próximos aos locais indicados para represamento da água, dificultou bastante os cálculos do volume estimado para o reservatório, vazão máxima e vazão mínima.

Como se sabe, o uso de SIG requer um amplo conhecimento de informática,

aliado a conhecimentos técnicos específicos da área a ser atendida (hidrologia, agronomia, engenharia civil, ...). A prefeitura mostrou-se desprovida de profissionais que preenchessem tais características, sendo difícil o entendimento do que venha a ser um planejamento integrado para melhor aproveitamento de recursos, uma vez que não há conhecimento de técnicas necessárias e ferramentas para operacionalizá-las.

Quanto às questões de hardware e software visando implantação de um SIG, constatou-se deficiência em termos de equipamentos de informática e inexistência de softwares destinados à gerência de bancos de dados. Também pode-se verificar muitos dos problemas já mencionados no capítulo 4, quando aborda-se no item 4.2.5.c) aspectos ligados à SIG, Organização e ao Indivíduo.

Quanto à inserção de dados no SIG, os processos para sua realização foram documentados a fim de tornar mais acessível a sua operacionalização por pessoal ainda leigo. Vale salientar que apesar de possuírem manuais e até exercícios tutoriais, a execução de muitas das tarefas exigem o conhecimento de pequenos detalhes, nem sempre explícitos nos manuais. Também alguns processos de manipulação de dados foram organizados em forma de fluxogramas de atividades.

9.2.2. Cadastro Técnico Multifinalitário em Municípios de Pequeno Porte

A produção de mapas apropriados, em escalas compatíveis, é um pré-requisito essencial para nortear o processo de planejamento de uso dos recursos do meio ambiente, quer a nível de microbacia, ou mesmo em áreas maiores não limitadas por barreiras naturais, como é o caso dos limites políticos entre Municípios e Estados..

É imprescindível que se pesquisem soluções mais eficientes para o mapeamento e planejamento municipal, adequados às limitações do orçamento, técnico-operacionais e de conhecimento existentes nas prefeituras, principalmente em países em desenvolvimento. Algumas destas soluções já existem, entretanto, devem ser adequadas a realidade da maioria dos municípios brasileiros, ou seja, de pequeno e médio porte.

Em cidades de pequeno e médio portes, importantes elementos para projetos e planejamento regional, encontra-se evidente lacuna no que diz respeito à existência de ferramentas adequadas a este planejamento. A gerência, controle e organização de recursos hídricos, uso do solo versus sua aptidão, controle de erosão, redes viárias encontra sérias dificuldades ao deparar-se com mapas desatualizados e, conseqüentemente, informações que

não representam a realidade do ambiente em estudo.

Os integrantes destas prefeituras são, na maioria das vezes, céticos e arredios à introdução de novas tecnologias em seus ambientes de trabalho (v. Aspectos Organizacionais do SIG, capítulo 4), o que tem mantido boa parte das soluções encontradas apenas no mundo das suposições, planos e fluxogramas, sem contudo haver o engajamento das pessoas que efetivamente as operacionalizarão.

Deve-se sempre ter em mente a procura por meios financeiros e técnicos adequados ao tamanho do usuário. Com a tecnologia existente já é possível projetar um sistema que, orientado ao usuário final, seja ágil, flexível e de baixo custo, a fim de confeccionar mapas bases mais simples, mas que possam também executar outras funções ligadas ao planejamento, como análises e simulações. Refere-se aqui a levantamentos com câmaras aéreas de pequeno formato, sensores aerotransportáveis e orbitais e sistemas de informação geográfica de baixo custo.

O conhecimento necessário em fotogrametria, levantamento e mapeamento pode ser fornecido a um baixo custo e com a qualidade desejada pelas instituições de ensino que se dedicam ao seu estudo e pesquisa, como é o caso das universidades, através de cursos de especialização e mesmo consultorias.

Apesar de demonstrar conhecimento dos problemas que enfrenta o município, em Cocal do Sul não existe uma compreensão clara por parte de autoridades locais e população sobre quais níveis de informações são necessárias para a sua solução.

A Prefeitura e órgãos municipais não apresentam técnicos habilitados a lidar com as abrangentes questões ligadas ao Cadastro Técnico Multifinalitário e, conseqüentemente, ao planejamento municipal integrado. Entretanto, o pequeno tamanho do município, e a pequena população são atenuantes desta deficiência.

9.2.3. Softwares Utilizados

Antes de iniciar-se a leitura da avaliação que se faz dos softwares SPANS e Idrisi é necessário que se saliente que esta avaliação foi feita sobre o trabalho de locação da represa. Uma avaliação precisa de todas as potencialidades de cada um dos softwares seria, provavelmente, motivo para mais de uma dissertação, dada a ampla gama de possibilidades que ambos apresentam e o grande número de aplicações em que podem ser empregados. A avaliação que segue complementa a caracterização dos software, apresentada no item 7.8.

a) SPANS

O conjunto de três módulos do SPANS custa, para empresas e entidades com fins lucrativos, valor acima de US\$ 20000,00. Para entidades governamentais, sem fins lucrativos, aí incluídas as universidades, o software custa abaixo dos US\$ 5000,00.

Como já mencionou-se anteriormente, a entrada de dados neste software é bastante trabalhosa, se estes forem provenientes de outros sistemas CAD, à exceção do TYDIG. Quando realizada a digitalização neste último, a importação no SPANS é direta, enfrentando-se poucos problemas. Entretanto, a conversão DXF -> VEC é sempre um problema, em virtude do grande número de arcos abertos e cruzamentos de arcos.

Os planos de informação foram introduzidos no software SPANS por Seiffert (1994), por ocasião dos trabalhos de sua tese de doutorado. Segundo Seiffert, foi sentida uma grande dificuldade na entrada dos planos de informação no software SPANS, principalmente no momento de transformá-los ao formato de trabalho utilizado pelo software (.MAP). Problemas com polígonos abertos e cruzamento de arcos, provenientes da digitalização, ou mesmo do processo de conversão DGN -> DXF -> VEC -> MAP são freqüentes neste tipo de trabalhos. Cabe lembrar que esta dificuldade foi também sentida em trabalhos anteriores (v. Projeto Brasil-Canadá, capítulo 4).

A organização da tela principal do SPANS, com sistemas de menus em janelas (similar ao *Windows* da Microsoft) e interface gráfica com o usuário através de menus descendentes, facilita e torna eficiente a comunicação, seguindo padrões modernos em desenvolvimento de softwares. A dinâmica, clareza e disposição dos submenus (opções) é um grande avanço neste SIG para PC.

Outro aspecto importante a ser ressaltado é a integração entre os três softwares que compõe a família SPANS. Estes, em conjunto, realizam digitalização, geoprocessamento e visualização, o que, conceitualmente, torna o grupo bastante abrangente. A fácil integração entre SPANS GIS e SPANS MAP (chegando ambos a utilizar o mesmo subdiretório), permite que se obtenham recurso de visualização, em tela, bastante sofisticados, através da inclusão simultânea de mapas, tabelas, gráficos e imagens "scanerizadas" (tipo raster).

O SPANS também realiza troca de dados com diversos softwares, em diversos formatos. Permite que sejam integradas imagens de satélite (Landsat, SPOT), sensores aerotransportáveis (*casi*), padrões vetoriais (DXF), entre outros. Também a troca

de dados com bancos relacionais é possível e fácil, através da aceitação do padrão DBF e também de tabelas ASCII. O SPANS, no entanto, não realiza tratamento de imagens.

Uma vez ingresso no software, o plano de informação pode ser modificado e analisado de diferentes maneiras, de acordo com a sua forma: ponto, linha ou polígono. O SPANS possui diversas ferramentas para analisar dados espaciais, modelando-os de acordo com as necessidades do usuário. Pode-se executar interpolações, análises de redes, overlay de planos de informação, modelagens e montagens de novos mapas a partir de tabelas. No contexto da aplicação proposta, conhecidas as rotinas de operação, realizou todas as tarefas inquiridas.

As principais críticas ao sistema fundamentam-se em: utilização do sistema operacional OS/2, criação de janelas de visualização (*zooms*), manuais, portabilidade dos slides e suporte operacional.

A primeira dificuldade apresentada diz respeito ao sistema operacional OS/2, sobre o qual foi programada esta versão do SPANS. Nestas condições, o SIG apresenta-se bastante lento, apesar de utilizarmos computador PC 486 com 50 MHz, 8 Mb de RAM e uma sobra em winchester de 40 a 60 Mb. Mesmo o SPANS MAP é bastante lento. Poderíamos culpar a programação do software, entretanto, constata-se que com outros aplicativos mais simples ocorre o mesmo fenômeno. O menu de ajuda também não facilita a vida do usuário, que em poucos minutos acaba entrelaçado por uma enorme quantidade de módulos, difíceis de compreender. Além disso, o sistema trava com frequência, forçando o usuário a reiniciá-lo constantemente.

O segundo ponto diz respeito à capacidade de formatação de janelas para ampliação de determinada área (*zoom*), no SPANS GIS. Como está atualmente, o processo é demorado e ineficiente. Busca-se o exemplo presente na maioria dos aplicativos do gênero CAD (Autocad, MicroStation, ...) ou mesmo do módulo de visualização, SPANS MAP, nos quais uma área de interesse pode ser rapidamente ampliada e analisada no vídeo, em maior escala..

Quanto aos manuais, esta é uma reclamação usual de todos os usuários de aplicativos em microcomputador. O nível de aperfeiçoamento do software é muito grande e, conseqüentemente, assim comporta-se a complexidade de seus processos. Isto se transmite também a quem o utiliza, pois não acompanha o software documentação abrangente que, além de explicar a função de cada item (isto já é feito), propiciem exemplos práticos e

módulos de treinamento a quem os adquire. O alto preço do software não garante que o usuário possa usá-lo por si só, sem precisar dispor de consultoria externa (mesmo para os processos mais simples).

O quarto ponto de crítica ao software é a troca de arquivos gerados pelo SPANS MAP com outros aplicativos gráficos, nos padrões aceitos por outros softwares no mercado e a dificuldade de se controlar e imprimir slides produzidos pelo SPANS GIS. No primeiro caso, produz-se apenas arquivos com o formato MET, não encontrado em quaisquer aplicativos de uso comum em DOS, o que restringe o uso do arquivo para outros fins que não sejam visualização em tela ou impressão (edição de imagens e preparação de apresentações em multimídia). Quanto ao segundo aspecto, a impressão de slides gerados pelo SPANS GIS só é possível através do PMPRINT.EXE, que roda apenas em DOS. Este não fornece maior controle do usuário sobre a impressão. Com certeza seria muito mais fácil se o formato dos slides (BIC/CUT) pudesse ser transformado para padrões como WMF (*Windows Metafile Format*), BMP (*Windows Bitmap Format*), TIFF (*Tagged Image File Format*) ou quaisquer outros mais comuns e aceitos.

b) IDRISI

A importação dos dados provenientes do MicroStation no Idrisi foi feita de forma bastante simples. O Idrisi suporta a importação de uma série de formatos de arquivos, entre eles o DXF, usado nestas conversões. Além disso, o uso do TOSCA e de algumas ferramentas periféricas permite que se detectem facilmente a existência de arcos abertos, cruzamentos de arcos, ou outras irregularidades comuns em arquivos provenientes de sistemas CAD. A transformação de arquivos vetoriais em RASTER é realizada sem mistérios, sendo bem explicada nos manuais.

O módulo de digitalização e edição de arquivos em formato VECTOR, TOSCA, provou ser bastante útil e de fácil manuseio no que diz respeito à inserção de topologia aos arcos. Entretanto, seu sistema de menus torna-o bastante lento e cansativo, o que obrigou por vezes a detecção de erros em seu ambiente, sendo a correção destes erros realizadas em outro sistema CAD. Posteriormente, o arquivo era novamente importado.

No Idrisi cabe também salientar a facilidade com que se trabalha dados provenientes de imageadores que produzam imagens RASTER, como sensores orbitais (Landsat e SPOT) e sensores aerotransportáveis (*casi*), uma vez que consiste de sistema de

interpretação automática de imagens. A facilidade com que estes dados são trabalhados faz com que possam ser realmente considerados uma fonte de dados adicional para o monitoramento de áreas.

O software é provido de módulos que permitem que se elaborem novos mapas a partir de tabelas e bancos de dados DBF. Também o cruzamento de informações é possível, sendo a visualização dos resultados passível de ser mostrada em arquivo ou no próprio vídeo, com a criação de nova imagem.

A visualização de resultados no vídeo é bastante descomplicada, apresentando-se opções de visualização de textos, legendas e convenções. A impressão de mapas pode ser feita em vasto número de impressoras distintas, em vários formatos (tons de cinza, colorido, padrões). Existem algumas limitações no que diz respeito à edição do arquivo para inserção de convenções cartográficas, algumas vezes imprescindíveis. Também, a capacidade de mostrar apenas 16 diferentes cores simultaneamente pode parecer deficiência se comparado com hardwares mais avançados.

Tal qual no SPANS, o Idrisi também apresentou sérias dificuldades no que diz respeito à manipulação de informações visando sua impressão em relatórios. O usuário não possui controle sobre a saída na impressora quanto à tamanho da imagem e posição em que vai sair na página. É possível a exportação para o formato TIFF, para posterior manipulação em sistemas que melhor trabalham imagens, em ambiente *Windows*. Entretanto, os resultados deixam bastante a desejar, principalmente em imagens que apresentam grande número de classes.

Em geral, todos os exercícios processados no SPANS foram também possíveis no Idrisi, à exceção daqueles envolvendo superfícies tridimensionais e modelagens sobre pontos de altimetria. Os resultados produzidos pelo módulo de visualização tridimensional, em função das limitações que apresenta, foram bastante pobres. Também a produção do mapa de declividade não foi possível, não se inferindo se o erro está no software ou na falta de treinamento do usuário.

Até o lançamento de sua versão para rodar em base *Windows*, prevista para breve, o Idrisi leva grande desvantagem em virtude de apresentar um sistema de menus de difícil interação entre usuário e máquina. A interface atual fornece pequena ajuda ao usuário no sentido de informar-lhe as opções disponíveis no banco de dados e apresentar de forma mais "simpática" as questões que devem ser respondidas para a execução de cada uma das

atividades.

A maior vantagem do Idrisi 4.01 é que a pesquisa e as ferramentas utilizadas ficam a um baixo custo. Poderoso e versátil como os outros produtos SIG, possui também um significado para cada pequena operação, o que facilita o aprendizado sobre SIG. Além do mais os 16 exercícios do Idrisi existentes no Guia do Usuário, reduzem em grande parte o tempo para o aprendizado do Idrisi e dos próprios conceitos sobre o SIG, como terminologias e operações. Entretanto, Idrisi não é apenas uma forma de aprendizado do SIG, é também um software extremamente capaz de fazer análise de dados espaciais.

Em termos de design de sistema, usuários podem facilmente incorporar seus próprios códigos de programas para criar novos módulos para somar novos procedimentos analíticos ou conseguir vantagens na entrada ou saída dos módulos que Idrisi oferece. A simples estrutura de dados é direta e a configuração do sistema é flexível. Outro traço do Idrisi é que ele roda uma variada gama de módulos de programas separados não requerendo modificações na configuração do computador. Isto permite o aparecimento de complicações posteriores que podem surgir quando instalado com outros softwares no mesmo computador.

Outro ponto positivo é a assistência técnica ao uso do software, pois a um baixo custo pode-se obter apoio junto à *Clark University*. Encontrou-se bastante facilidade na comunicação com o suporte técnico nos EUA, via correio eletrônico e fax.

O objetivo do Idrisi é possuir boas ferramentas para pessoas sem acesso a workstations e capacitar o geoprocessamento com tecnologia de baixo custo, como os IBM PC compatíveis com monitores VGA monocromáticos. Devido ao tipo de tecnologia que pode ser utilizado, a velocidade pode ser o maior problema por causa da análise espacial de dados, que pode consumir muito tempo, devido ao processos numéricos intensos. De fato, com algumas operações e grandes camadas de dados, Idrisi parece ser lento, mas isto não é devido ao software e sim do hardware.

c) Linhagem e convenções cartográficas

O problema de linhagem também foi identificado em ambos os softwares. Para se ter uma idéia, o diretório contendo os dados da área COCAL, no SPANS, incorpora em torno de 340 arquivos, divididos em tabelas, mapas, imagens RASTER, arquivos vetoriais, arquivos de definição de paletas, configurações da área, entre outros. Para gerenciar este enorme conjunto de dados é necessário que se introduza nos softwares mecanismos eficazes

de registro das operações realizadas e demais informações de genealogia.

O SPANS apresenta sistema bastante primário de registro, sendo insuficiente para prover a necessária linhagem aos arquivos. Já o Idrisi apresentou características mais avançadas no sentido da elaboração de um meta-banco de dados. A documentação deste último é bastante complexa, permitindo que várias informações sejam guardadas sobre imagens e atributos. Entretanto, em ambos os casos o usuário não é questionado sobre a necessidade desta informação, sendo-lhe facultativo o preenchimento da documentação.

Outro fato observado em ambos os softwares foi a dificuldade que existe no sentido de se cumprir convenções cartográficas para as saídas gráficas em papel. Há elevada dificuldade no Idrisi e SPANS para apresentar grid contendo os textos das coordenadas; notas mais extensas sobre os mapas; simbologia; entre outros.

d) Programação de rotinas

A programação mostrou-se ferramenta eficaz no apoio ao SIG. Suas aplicações centraram-se na transformação de arquivos para posterior entrada de dados e no processamento a posteriori dos dados gerados pelo SPANS e Idrisi, mostrando que também é possível realizar modelagens paralelas aos SIGs, incrementando-os de acordo com a necessidade do usuário.

Os relatórios gerados em tabelas ASCII e a entrada de dados em formato DXF foram os maiores facilitadores deste processo, uma vez que estes arquivos podem ser entendidos com o apoio de qualquer editor de textos.

9.3. Principais Dificuldades Encontradas

A análise das principais dificuldades encontradas na realização deste trabalho tem por finalidade alertar estudos futuros sobre as barreiras existentes. Assim, talvez muitos problemas possam ser prevenidos por um planejamento que antecipe tais dificuldades. São elas:

- a) **falta de informações:** sem dúvida, a maior dificuldade encontrada está relacionada à falta de informações na escala adequada ao projeto que se pretende realizar. Planejamento e projetos envolvendo o meio ambiente devem estar alicerçados por uma base extensa e complexa de dados confiáveis, sem os quais apenas correlações de baixa

precisão podem ser obtidas;

- b) **falta de financiamento:** atividades que demanda grande número de horas de trabalho a campo devem sustentar-se em financiamento que cubra pelo menos os gastos dispendidos com hospedagem, transporte e alimentação, além dos investimentos necessários em financiamento de equipamentos e outras ferramentas. Este financiamento pode ser obtido junto a órgãos do governo e também junto aos usuários dos dados produzidos pelo projeto;
- c) **necessidade de equipe multidisciplinar:** em virtude da quantidade de informações distintas que podem ser incorporadas a um Cadastro Técnico Multifinalitário, este exige que uma equipe com diferentes objetivos execute estudos sobre uma área comum, visando otimizar a utilização das informações básicas geradas, bem como justificar a sua criação;
- d) **planejamento:** o planejamento das atividades práticas de coleta, transformação e análise dos dados deve ser feito minuciosamente, sempre tendo em vista a consecução de um objetivo claramente delimitado.

Por outro lado, o fato de trabalhar-se uma necessidade da população local, despertou o interesse e a colaboração de muitos cidadãos. Neste contexto foram conseguidos com facilidade a autorização para realização de levantamentos em todas as áreas a serem inundadas, transporte, pessoal de apoio e equipamentos básicos (pá, martelo, ...).

10. Conclusões e Recomendações

Apresentam-se neste capítulo as conclusões e recomendações obtidas pelo emprego da metodologia indicada, de acordo com as análises feitas na etapa anterior, e considerando os diversos temas abordados.

10.1. Conclusões

10.1.1. Quanto ao Uso de Tecnologia SIG e o CTM

a) Sistemas de Informação Geográfica

Nos últimos 15 a 20 anos, a tecnologia de Sistemas de Informação Geográfica evoluiu de uma simples e atrativa idéia para uma indústria inteira. Isto se deve graças à rapidez com que se percebeu as vantagens de se dispor de informações espaciais georreferenciadas, principalmente devido à sua aplicabilidade ao processo decisório e, conseqüentemente, à consecução das metas da organização. Na execução desta pesquisa pode-se constatar alguns indicadores da evolução desta tecnologia ao longo dos últimos anos, dentre eles:

- i) aumento crescente do número de instalações destes sistemas a cada ano;
- ii) o tema "SIG" tem sido amplamente discutidos em cada vez mais freqüentes seminários, congressos e conferências, quer a nível local, ou mesmo regional e internacional;
- iii) muitos cursos de graduação e pós-graduação já incorporara SIG aos seus currículos, nas mais diversas áreas do conhecimento;
- iv) abertura de diversos centros nacionais de pesquisa em SIG, em todo o mundo;
- v) jornais e outros periódicos especializados neste tema, demonstram o amplo mercado que lhe é oferecido, entre outros.

No entanto, foram observadas algumas sérias barreiras, que dificultam a curto e longo prazo a inserção de um SIG dentro de uma pequena prefeitura, por exemplo, dentre eles:

- i) despreparo da maioria dos usuários no uso de computadores, principalmente no que diz respeito ao uso de ferramentas de programação e entendimento de estruturas de arquivos. Boa parte dos profissionais que hoje atua no mercado não teve maiores contatos com a informática em sua graduação;
- ii) profissionais ligados à informática estão despreparados para, isoladamente, aplicar tais sistemas, uma vez que não possuem habilidade técnica nas áreas de potencial aplicabilidade (engenharias, arquitetura, ...);
- iii) quase completa ausência de dados, em escala e qualidade, adequados ao uso em planejamento e tomada de decisão, principalmente quanto estes envolvem aspectos ligados ao meio ambiente. Mesmo sendo produzidos e distribuídos em meio digital, a maioria das bases de informação destinadas ao planejamento detalhado para o meio rural, a nível cadastral, não possui escala compatível. Quando a tem, há que se desconfiar de sua qualidade;
- iv) a implantação de um SIG completo e eficiente depende de um período de tempo que muitas vezes é superior ao mandato de um prefeito. O fato de constituir-se em tarefa de longo prazo e, portanto, não rendendo votos no curtíssimo prazo, faz com que a implantação deste tipo de sistema seja obra de prefeitos mais audaciosos e mais comprometidos com o bem-estar da população.

Apesar destas barreiras, que podem ser superadas por um planejamento prévio de objetivos e metodologia, aliados à conscientização de usuários e à assessoria de técnicos capacitados, as vantagens da aplicação desta tecnologia (v. capítulo 4, item 4.2.3) são bastante claras para o desenvolvimento de pequenos municípios.

SIG só pode ser efetivamente implantado em pequenos municípios, gradativamente, a partir da conscientização de líderes, para que estes venham a conhecer o seu significado, projetando por si só usos para esta tecnologia. Uma vez conhecedores da tecnologia SIG e CTM e dos benefícios que advém de sua utilização, o usuário terá condições de decidir, por conta própria, os níveis de informação de que necessita, sua escala e precisão, assim como o Sistema de Informações mais adequado as suas necessidades. A conscientização pode ser criada pela participação em seminários, congressos e cursos que versem sobre o assunto.

Quando aborda-se o tema SIG também deve-se versar sobre as questões de hardware e software. Quanto ao primeiro, o desenvolvimento experimentado atualmente

pelo hardware aplicado a SIG tem contribuído para a difusão da tecnologia em função da redução nos custos e melhoria na performance, permitindo que já se ponham em prática projetos de integração, em rede multiusuário, de bancos de dados multifinalitários; pode-se afirmar que as principais limitações de um SIG, atualmente, não estão ligadas às questões envolvendo hardware. Entretanto, ao contrário de hardware, o software tem apresentado desenvolvimento lento, e caro.

Elaborado com propósitos educacionais, o Idrisi realmente mostrou-se como excelente alternativa para o ensino e entendimento de SIG por pessoal ainda leigo ou iniciante. A experiência vivida no Grupo de Trabalho em Cadastro Técnico Multifinalitário - GTCADASTRO/UFSC, com bolsistas de Iniciação Científica dos cursos de Engenharia Civil e Computação, demonstra o rápido aprendizado e operacionalização desta tecnologia por aqueles que foram submetidos ao caderno de exercícios tutoriais do software. Estes mesmos alunos forneceram contribuição substancial ao desenvolvimento desta pesquisa.

Por outro lado, o SPANS apresenta-se mais simples quanto à sua utilização, em função da interface que possui. Também possui funções mais avançadas, além de possibilitar um maior controle sobre as atividades que serão desenvolvidas (legenda, atributos, ...).

b) Cadastro Técnico Multifinalitário

Quanto ao Cadastro Técnico Multifinalitário, pode-se concluir que é impraticável a implantação de um SIG em um município de pequeno porte sem que antes estejam disponíveis as informações requeridas para cada usuário, bem como os objetivos que pretendem realizar. A implantação de um CTM faz-se então necessária, pois além de ajudar na definição do banco de dados, também permite uma redução nos custos envolvidos em sua obtenção.

A informação é, conforme salientou-se ao longo de todo o trabalho, o insumo fundamental na administração e desenvolvimento de um município e, o CTM por sua vez, compreende a técnica capaz de gerenciar a coleta, manipulação, manutenção e uso da base de dados de uma forma otimizada. É o CTM quem realiza considerações acerca do ciclo econômico de vida da informação, bem como o custo associado em obtê-la.

10.1.2. Quanto à Implantação da Barragem e aos Recursos Hídricos

a) Implantação da Barragem

O levantamento preliminar de dados revelou que a área I é a mais adequada à edificação da barragem, cabendo ainda salientar os seguintes pontos:

- i) a qualidade físico-química e bacteriológica da água analisada comprova que o recurso pode ser utilizado para o consumo humano. A presença de fontes poluidoras a montante devem ser anotada, cabendo tomar as providências necessárias ao seu controle e remoção;
- ii) o solo presente na área inundada deve ser utilizado, na medida do possível, para constituir o corpo do aterro, em virtude do baixo custo de obtenção e transporte. A matéria orgânica é prejudicial à qualidade da água, devendo ser eliminada. Os ensaios realizados ainda não permitem que se conclua sobre condições de permeabilidade e resistência do solo da área, nem sobre permeabilidade e capacidade de carga da fundação;
- iii) a análise da área alagada demonstra que esta não deverá ultrapassar os 10 hectares, que pode ser considerada pequena, em virtude do benefício advindo da implantação da represa;
- iv) as medidas preliminares de vazão indicam o local como provedor de substancial quantidade de recursos ao abastecimento doméstico da área urbana. O fato de acumular-se o excedente hídrico proveniente das épocas de maior pluviosidade, para depois utilizá-lo em períodos de estiagem, é um fator positivo dos reservatórios. No entanto, uma série maior de registros de vazão é necessária para que se avalie a validade da construção do reservatório a longo prazo. Outrossim, mesmo que a vazão seja insuficiente, mas consiga prover em torno de 90% do volume de água utilizado para consumo com recurso de melhor qualidade, os 10% restantes (que serão necessários apenas em meses de maior déficit) podem ser obtidos junto a mananciais subterrâneos. Salienta-se que o abastecimento será garantido em sua plenitude durante todo o ano, com recursos de melhor qualidade e sem racionamento;
- v) quanto à economia de energia elétrica em função do reservatório situar-se em cota superior à da ETA (cerca de 27 m acima da área urbana), não extingue a necessidade de bombeamento da água após seu tratamento. Para que isto fosse verdade, a ETA deveria situar-se junto ao reservatório, e um cálculo da perda de pressão na canalização existente entre a ETA e os usuários deveria ser feito com bastante cuidado, visando garantir a pressão necessária.;
- vi) a indenização de áreas alagadas deverá considerar também uma faixa de 50 a 100 metros em torno de todo o reservatório, destinados à preservação das margens do mesmo. Quanto à esta questão, deve-se ainda salientar o problema existente na atual área ocupada com pastagem: a área alagada inviabiliza o uso da área restante, pois esta constitui-se de taludes com alta declividade. Deve, portanto, ser indenizada a área como um todo;
- vii) Devem também ser realizados estudos paralelos visando um melhor aproveitamento

das potencialidades do lago do reservatório. O projeto de uma área de lazer junto ao local, visando criar opções para a população local e também um atrativo turístico é, sem sombra de dúvidas, um uso derivado que merece atenção.

- viii) Além disso, pode-se implantar a criação de peixes no reservatório, cujo projeto pode ser assessorado por órgãos do governo estadual que apoiam a produção animal no Estado (CIDASC, EPAGRI). A piscicultura trará benefícios à região, gerando novos empregos e ampliando a receita do município e o nível de vida da população. Paralelamente, diminui o período de retorno dos investimentos feitos na construção do lago;
- ix) Outra finalidade do reservatório pode ser o seu uso para fins de irrigação. Se o aterro for construído próximo ao fim da mata (antes do início da plantação de laranja da CCU), a previsão é de que o volume acumulado seja superior a 1.000.000 (um milhão) de metros cúbicos, que atenderiam à demanda doméstica e também poderiam ser usados para garantir água para outros fins, em épocas de estiagem.

O fato da área ser grande produtora de argila de boa qualidade, além de existir nas proximidades a extração de blocos de granito, reduz os custos com aquisição de material e transporte do material até o local onde será edificada a represa. Além disso, material de maior permeabilidade pode também ser encontrado na área alagada, sendo que sua extração irá ampliar o volume armazenado.

Os estudos sobre a implantação da barragem demandaram extenso trabalho de campo. Mesmo considerando a existência de um banco de dados adequado (o que não foi o caso deste estudo), não se deve descartar os trabalhos de reconhecimento e levantamento de dados a campo, sem os quais o modelo de realidade com o qual trabalham os SIGs corre o risco de produzir informações inadequadas e decisões cuja implementação é inviável.

b) Recursos Hídricos:

O homem tem se comportado ordinariamente, como fator de desordem no sistema natural, poluindo quase que totalmente as águas superficiais. Detritos, efluentes industriais, detergentes e esgotos estão destruindo, além de todo o ecossistema que da água depende, também a possibilidade de uso do recursos para o abastecimento. A Região Sul do Estado de Santa Catarina possui sérios comprometimentos de sua qualidade de vida e do desenvolvimento sócio-econômico em virtude da exploração desmedida de seus recursos naturais - o que é até mais evidente nos municípios vizinhos à área de estudos.

A questão da preservação dos mananciais será, em futuro próximo, crucial ao desenvolvimento sócio-econômico municipal e regional. Se o município hoje dedicar esforços

à preservação de seus recursos hídricos, estará garantindo o bem-estar e o progresso não só da população atual, mas também das gerações futuras.

A localização da represa junto às nascentes do rio Cocal facilita o controle de poluentes na área de contribuição, uma vez que pode-se enumerar menos que uma dezena de proprietários à montante do reservatório. Assim, o controle de poluentes fica restrito à relocação de algumas pequenas granjas de porcos, controle sobre o uso de agrotóxicos em plantações de laranja e banana. Cabe lembrar que 63% da área ainda está coberto por mata e reflorestamento, e que esta cobertura não pode ser removida sem que tenha sido determinado um processo adequado de manejo.

10.1.3. Conclusões Gerais

Por inserir-se em um projeto maior, que também considera a elaboração de um mapeamento básico, de um cadastro fundiário (Sistema de Informações da Terra - LIS), o planejamento do uso econômico da propriedade rural e a elaboração de um plano diretor para o Município de Cocal do Sul, esta dissertação deixa para os futuros usuários planos de informação inseridos em um sistema de informações de baixo custo, bem como informações adicionais sobre a inserção de novos planos.

Neste trabalho, a universidade esteve posicionada entre a empresa e o usuário. Do convênio com a empresa de aerolevanteamento, surgiu a oportunidade de realizar pesquisas com meios e equipamentos cujo custo é bastante elevado e, conseqüentemente, demoram tempo para ingressarem em uma prefeitura. A universidade, através de seus especialistas, desperta um mercado latente atuando junto à pequena prefeitura, no sentido de conscientizar o usuário da necessidade da importância de obter planos de informação básicos para o planejamento a nível de microbacia e municipal.

10.2. Recomendações

a) Quanto à SIG e CTM

Conforme foi afirmado anteriormente (v. capítulo 10, item a), SIGs requerem que um banco de dados básico esteja disponível, só então sendo possível organizar, controlar e executar projetos de exploração de recursos naturais. Para que este banco de dados seja implantado, recomenda-se a implantação sistemática de um Cadastro Técnico

Multifinalitário, que seja planejado de forma a atender ao maior número de usuários possível. Deve-se buscar a implantação de um Cadastro Técnico Multifinalitário para o município, visando suprir a administração municipal e demais usuários com os dados básicos necessários ao planejamento das atividades ligadas a utilização racional de recursos naturais.

Podem ainda ser executados estudos acerca de setores específicos, aos quais é possível a aplicação do CTM, como por exemplo:

- i) disponibilidade de madeira para serraria, escoramento em construção civil, lenha, etc;
- ii) viabilidade de implantação de indústrias, em função do volume de produção e demanda local e regional;
- iii) viabilidade de aproveitamento alternativo do solo, considerando a demanda por determinados produtos e o uso econômico do recurso;
- iv) preservação de recursos naturais (fauna e flora), etc.

O desenvolvimento de um banco de dados para suprir necessidades de informações para planejamento em pequenos municípios deve também prever o ingresso de dados referentes à economia da região. Sendo assim, recomenda-se a pesquisa sobre metodologias para a formação e manutenção deste banco de dados, estrutura de seu armazenamento e dados que deve conter, em função dos objetivos do usuário.

Paralelamente à implantação do banco de dados, recomenda-se o estudo das melhores opções de hardware disponíveis para gerenciar esta base de dados e também os demais recursos de um SIG. Para o caso de uma pequena prefeitura, ciente do fato de que a maioria ainda não implantou um consistente banco de dados ou mesmo sistema de geoprocessamento, convém o investimento em um sistema de hardware de baixo custo, composto de microcomputador padrão IBM AT 486, impressora a jato de tinta, monitor de vídeo colorido e winchester com capacidade não inferior a 540 Mb.

Para gerenciamento a nível regional, em virtude do grande número de informações e de sua complexidade, devem ser realizados estudos que considerem recursos de hardware mais avançados e poderosos, como é o caso das workstations. Para estes casos, também devem ser avaliados softwares SIG que gerenciem as informações a partir de bancos de dados de quarta geração.

Quanto ao SIG, recomenda-se a introdução sistemática de sistemas CAD e

SIG na prefeitura, que pode ser realizada por especialistas da própria universidade, através da realização de cursos para formação e conscientização do uso destas ferramentas. Como gerenciador de bancos de dados, recomenda-se a adoção de um modelo relacional, que atenda ao padrão DBF, e de baixo custo. Por serem de rápido aprendizado e manipulação, facilitam que sejam dados os passos iniciais na implantação de sistemas mais complexos e abrangentes.

Visando a introdução de SIG, o Idrisi mostrou ser o software mais adequado devido ao rápido aprendizado da técnica, bem como seu baixo custo de instalação e operação. Recomenda-se o seu uso em cursos de introdução a respeito do SIG ou para autoaprendizado do SIG. O Idrisi é um sistema de análise de dados espaciais extremamente capaz e poderoso que pode ser considerado por profissionais da área de geoprocessamento sua "caixa de ferramentas". A recomendação deste estudo é que sejam analisados os algoritmos usados pelos módulos de programa com mais detalhes ou prover literaturas para os usuários poderem determinar a confiabilidade dos resultados computacionais.

Entretanto, a análise efetuada sobre os softwares SPANS e Idrisi está muito aquém de traçar conclusões absolutas sobre o uso de SIG em pequenas prefeituras. Em virtude do número de opções de software existentes no mercado e da diversidade de suas aplicações, recomenda-se que esta pesquisa tenha continuidade, visando ampliar a bibliografia sobre o tema. É necessário, por exemplo, que sejam avaliados outros softwares e outras unidades de hardware, para demais aplicações em uma pequena prefeitura.

b) Quanto à Edificação da Represa

Quanto à edificação da represa, podem ser feitas ainda as seguintes recomendações:

- i) a qualidade físico-química e bacteriológica da água deve ser testada em diferentes épocas do ano, a fim de determinar-se a exata concentração dos elementos que podem ser prejudiciais à saúde humana. Também devem ser realizadas análises sobre a quantidade de sedimentos em suspensão, para que se subdiem os estudos sobre o assoreamento anual no reservatório;
- ii) devem ser feitos furos de sondagem à percussão no local do aterro, para certificar-se do tipo de rocha da fundação e também das providências que devem ser tomadas para evitar infiltração e cominhos preferenciais da água. O estudo das fundações deverá versar sobre permeabilidade (ensaios realizados *in situ* ou por sonda rotativa) e capacidade de carga da rocha. Para tais estudos recomenda-se a contratação de um especialista (geólogo em engenharia ou geotécnico);

- iii) quanto aos estudos versando sobre o solo a ser utilizado no aterro, estes devem ainda considerar estudos de permeabilidade, resistência ao cisalhamento, percolação e linhas de fluxo;
- iv) dar continuidade, na medida do possível, ao registro de vazões no local de implantação, da obra, bem como implantar uma estação para coleta de dados meteorológicos e fluviométricos no rio Cocal visando criar séries de dados que poderão ser utilizados posteriormente em projetos envolvendo a microbacia;
- v) realizar estudo sobre a adução de água do reservatório para a estação de tratamento, em Cocal do Sul, além de se analisar a viabilidade técnica de localização da ETA junto ao reservatório;
- vi) contactar órgãos estaduais para efetivação de projetos que visem ampliar os usos do reservatório: irrigação, piscicultura, turismo/lazer;
- vii) realizar novas secções na área, a jusante do levantamento taqueométrico já realizado, a fim de se determinar locais onde um maior volume de água possa ser armazenado (figura 10.1). A princípio, tendo em vista todo o reconhecimento realizado na bacia e a forma que esta apresenta, sugere-se que a barragem seja fechada próxima à plantação de laranjas, onde a conformação dos taludes apresenta situação favorável. Neste caso, o terreno e a rocha que servirão de fundação para a barragem devem ser estudados, a fim de se tomarem medidas cabíveis com o material encontrado;
- viii) para o Estado de Santa Catarina, a CIDASC, com sede em Florianópolis é o órgão executor do apoio necessário aos pequenos municípios situados no interior do Estado. Desta forma, este órgão já foi responsável pela construção de inúmeras represas e açudes em todo o Estado, de forma que a Prefeitura Municipal de Cocal do Sul deveria entrar em contato a empresa, a fim de viabilizar a edificação da represa de uma maneira mais barata.

Quanto à potabilidade do manancial, cabe ainda recomendar que autoridades do poder executivo e legislativo municipal tomem as devidas precauções e medidas cabíveis no sentido de proteger o manancial, conscientizando os moradores a montante da importância de sua preservação. Também a remoção da granja de porcos e, na medida do possível, do entulho de pirita localizado no leito dos córregos, é necessário na busca pela preservação do recurso. Em conversa com moradores a montante, detectou-se que existe o reconhecimento da necessidade de preservação dos mananciais.

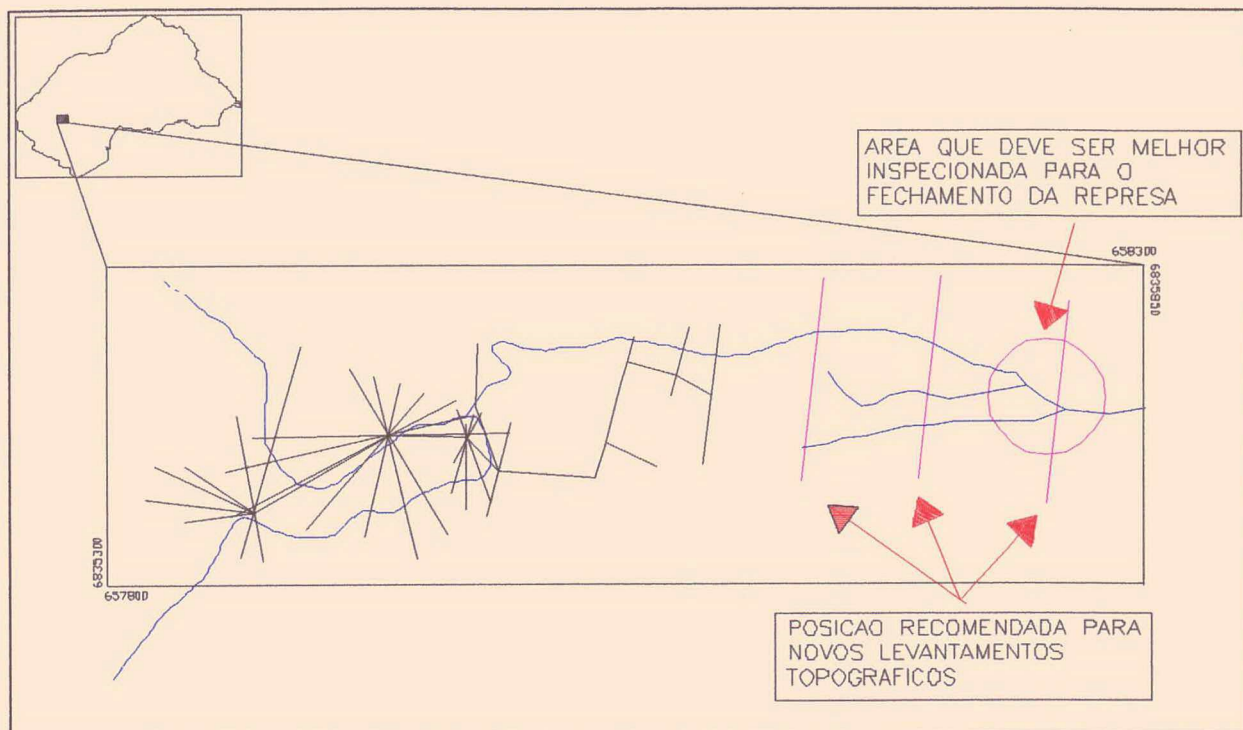


Figura 10.1 - Disposição das novas seções de levantamento topográfico recomendadas

Capítulo 11

Bibliografia

- AGRODATA PRODUTORA DE VÍDEO CIENTÍFICO E CULTURAL LTDA. "Como fazer seu açude". Curitiba, 21p
- AMADO, T. J. & WILDNER, L. do P. "Adubação verde". In: Projeto de Recuperação, Conservação e Manejo dos Recursos Naturais em Microbacias Hidrográficas. Projeto Microbacias/BIRD. Florianópolis: Secretaria do Estado da Agricultura e Abastecimento, 1991, 292p.
- ANGER, C. D.; BABEY, S. K.; ADAMSON, R. J. "A new approach to imaging spectroscopy". SPIE, Anais, Orlando, April/1990.
- ANJOS, J. T. dos & TASSINARI, G. "Sucessão, rotação e consórcio de culturas". In: Projeto de Recuperação, Conservação e Manejo dos Recursos Naturais em Microbacias Hidrográficas. Projeto Microbacias/BIRD. Florianópolis: Secretaria do Estado da Agricultura e Abastecimento, 1991, 292p.
- ARONOF, D. "GIS - A management perspective". Ottawa, Canada; Wal Publications, 1990. 294p.
- ASSAD, E. D. & SANO, E. E. "Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura". Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1993-a, 274p.
- ASSAD, E. D. *et al.* "Estruturação de dados geoambientais no contexto da microbacia hidrográfica". In: Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1993-b, pp 89-108.
- ÁVILA, E. L. "A influência da mineração do carvão na vazão da água superficial do rio Cocal". Laudo Técnico, 1993.
- BABBITT, H. E.; DOLAND, J. J. & CLEASBY, J. L. Abastecimento de Água. São Paulo: Ed. Edgard Blücher. 1976. 592p.
- BAGGIO, A. J. "Alternativas agroflorestais para recuperação dos solos degradados na região sul

- do país". In: Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas. Anais, Curitiba: UFPR, 1992, 520p.
- BARRETT, E. C. & CURTIS, L. F. "Introduction to Environmental Remote Sensing". 3rd edition. Singapore: Chapman & Hall, 1992. 426 p.
- BLACHUT, T. J. "Cadastro as a basis of general land inventory of the country". In: Cadastro: functions, characteristics, techniques and the planning of a land record system. Canadá, National Council, 1974, pp. 01-21.
- BLACHUT, T. J.; CHRZANOWSKI, A.; SAASTAMOINEN, J. H. Urban Surveying and mapping. New York, Springer - Verlag. 1979, 372p.
- BOLSTAD, P. V. & SMITH, J. L. "Error in GIS". Journal of Forestry. November, 1992. pp 21-29.
- BREIJN, C. A. de. "Integrating emerging low-cost technologies in a mapping and geoinformation system for urban planning in developing countries". GIS Technical Papers, VOL 3, ACSM-ASPRS Annual Convention, 1986.
- BURROUGH, P. A. "Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment". New York: Oxford University Press, 1987. 193p.
- CÂMARA, G. "Anatomia de Sistemas de Informações Geográficas: visão atual e perspectivas de evolução". In: Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1993, pp 15-37.
- CARIBÉ, R. de C. do V. "Subsídios para um Sistema de Informação Ambiental no Brasil". Brasília: Revista Ciência da Informação, 21(1): 40-45. jan/abr. 1992.
- CARVALHO, F. R. "Manual de Procedimentos e Padrões para um Cadastro de Múltipla Finalidade". Informativo COCAR 7. Brasília: 49-59, 1985.
- CAUTELA, A. L. & POLLONI, E. G. Sistemas de Informação. Rio de Janeiro, 1982, 217p.
- CLEARY, R. W. "Hidrologia de águas subterrâneas". In: Coleção ABRH de Recursos Hídricos: engenharia hidrológica. Volume 2. Rio de Janeiro: Editora da UFRJ, 1989, 404p.
- CONGALTON, R. G. & GREEN, K. "The ABC of GIS: an introduction to geographic information systems". Journal of Forestry, November, 1992. pp. 13-20.
- CORREA, E. de M. "Aspectos jurídicos na recuperação de áreas degradadas". In: Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas. Anais, Curitiba: UFPR, 1992, 520p.
- COWEN, D. "GIS x CAD x DBMS: what are the differences". In: Introductory readings in Geographic Information Systems. Peuquet, D. J. & Marble, D. F. (editors). London: Taylon & Francis. 1991, pp 52-61.

- CURCIO G. R. & RACHWAL M. F. G. "Estudos pedológicos em avaliação de Impactos Ambientais". Seminário Sobre Avaliação e Relatório de Impacto Ambiental, FUPEF, Curitiba, PR;1989.
- DALE, P. F. & MCLAUGHLIN, J. D. "Land Information Management: an introduction with special reference to cadastral problems in Third World countries". New York: Oxford University Press, 1990. 263 p.
- DANGERMOND, J; DERRENGACHER, B. & HARNDEN, E. "Description of techniques for automation of regional natural resource inventories". In: GIS for resource management: a compendium. American Society for Photogrammetrie and Remote Sensing & American Congress of Surveying and Mapping. Editor: RIPPLE, W. J.1987. 288p.
- DANGERMOND, J. "A classification of softwares commonly used in Geographic Information Systems". In: Introductory readings in Geographic Information Systems. Peuquet, D. J. & Marble, D. F. (editors). London: Taylon & Francis. 1991. pp 30-51.
- DANTAS, M. "Sistemas de Informação: a evolução dos enfoques". Brasília: Ciência da Informação, 21(3): 192-196, set/dez, 1992.
- DEDECEK, R. A. "A dinâmica dos solos em áreas degradadas". In: Simpósio Nacional de Recuperação de Areas Degradadas. Anais; Curitiba: UFPR, 1992, 520p.
- EKSTRAND, S. "Use of casi for forest damage monitoring". First International Airborne Remote Sensing Conference and Exhibition. Strasbourg, France. 11-15 September, 1994.
- EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E DIFUSÃO DE TECNOLOGIA DO ESTADO DE SANTA CATARINA - EPAGRI. "Inventário das terras em microbacias hidrográficas - Rio Molha". Relatório: Versão preliminar. Florianópolis, 1993. 79p.
- ERBA, D. A. "O Cadastro Territorial e a Publicidade Imobiliária". I Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. Anais. Florianópolis: Agosto/1994
- ESTES, J. E. & MOONEYHAN, D.W. "Of Maps and Myths". Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. Vol. 60, nº 5, May 1994, pp. 517-524.
- FLORENZANO, T. G. "Avaliação de dados do MSS-LANDSAT-4 para o mapeamento geomorfológico no semi-árido como suporte am planejamento regional: uma abordagem integrada (Área-teste região de Juazeiro-BA)". Publicação INPE-3984-TDL-236;1986.
- FORESTRY COMMISSION. "Landscape design". Forestry Comission bulletin. London, 1986.
- FRANK, A.; EGENHOFER, M. J.; KUHN, W. "A Perspective on GIS Technologies in the Nineties"; Photogrammetric Engeneering & Remote Sensing; Vol. 57, Nº 11, nov/91.
- GARCEZ, L. N. "Construções Hidráulicas". São Paulo: Ed. Edgard Blücher. Vol. I, 1962. 276p.

- GARCEZ, L. N. "Construções Hidráulicas". São Paulo: Ed. Edgard Blücher. Vol. II, 1962. 305p.
- Geographic Information Management Systems Comitee - GIMS. "Multi-purpose Geographic Database Guidelines for Local Government". Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 1990.
- HARD, C. "Unibase". I Seminário Paranaense sobre Cadastro Técnico e Planejamento Urbano, Curitiba, 1990.
- HENDRIX, W. G. & BUCKLEY, D. J. A. "Geographic Information System technology as a tool for ground water management". GIS Technical Papers, VOL 3, ACSM-ASPRS Annual Convention, 1986.
- INTERA-TYDAC TECHNOLOGIES INC. "Spans Manual: Welcome to GIS". Ottawa, 1991
- JORDAN, I. et al. "Reflorestamento". In: Projeto de Recuperação, Conservação e Manejo dos Recursos Naturais em Microbacias Hidrográficas. Projeto Microbacias/BIRD. Florianópolis: Secretaria do Estado da Agricultura e Abastecimento, 1991, 292p.
- KORTE, G. B. "The GIS Book". Santa Fé, USA, On Word Press, 1992, 165p.
- KUHN, H. "Imágenes tridimensionales como apoyo al planeamiento". In: Procesamiento Digital de Imágenes. GTZ, Eschborn, Alemanha, 1991. 430p.
- LABASSE, et al. "La organización del espaço". Madrid, Malver, 1972.
- LANTER, D. P. "Lineage in GIS: the problem and a solution". Santa Barbara, CA, EUA: National Center for Geographic Information and Analysis. NCGIA Technical Paper 90-6, September, 1990. 33p.
- LANTER, D. P. & SURBEY, C. "Metadata analysis of GIS data processing: a case study". Sixth International Symposium on Spatial Data Handling. 1992.
- LANTER, D. P. & VEREGIN, H. "A research paradigm for propagating error in layer based GIS". Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol 58, nº 6, June 1992, pp. 825-833.
- LEE, J. "Digital analysis of viewshed inclusion and topographic features on Digital Elevation Models". Photographic Engineering & Remote Sensing. Vol 60, nº 4. American Society for Photogrammetric & Remote Sensing, April, 1994. pp. 451-456.
- LINSLEY, R. K. & FRANZINI, J. B. "Water-resources engineering".
- LOCH, R. E. N. "Influência da Exploração Carbonífera nas Atividades Agrícolas e no Desenvolvimento Global de Criciúma-SC". Dissertação de Mestrado apresentada ao curso de Geografia da UFSC, 1991.
- LOCH, C & LOCH, Ruth E. N. "Noções de Geoprocessamento: Parte I". UFSC, 1992.

- LOCH, C. "Integração entre informações obtidas de fotografias aéreas convencionais e imagens orbitais visando a implantação e manutenção do cadastro técnico". II Encontro Nacional de Sensoriamento Remoto Aplicado ao Planejamento Regional. Anais. São José dos Campos: Abril/1991.
- LOCH, R. E. N.. "Algumas considerações sobre a base cartográfica". 1º Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, Florianópolis, 1994.
- LOCH, C. A preservação do meio ambiente e a agrimensura. V Congresso Nacional de Engenharia de Agrimensura. Anais. Campus do Jordão, 1991.
- LOCH, C. Monitoramento do solo: propriedades rurais a nível municipal utilizando técnicas de sensoriamento remoto. Florianópolis. Ed. UFSC, 1990.
- LOCH, C. "Cadastro Técnico Rural Multifinalitário como Base à Organização Espacial do Uso da Terra". XVI Congresso Brasileiro de Cartografia. Anais. Rio de Janeiro, 1993.
- LOCH, C. "A Interpretação de Imagens Aéreas: noções básicas e algumas aplicações nos campos profissionais". Editora da UFSC, Florianópolis, 1989.
- LOCH, C. Cadastro Rural em uma Região Prioritária do Estado de Santa Catarina. Florianópolis, 1984.
- LOCH, C. Cadastro técnico multifinalitário rural e urbano. Florianópolis, SEDUMA/ACECOM, 1989.
- LOCH, C. Cadastro Técnico: a base para o monitoramento de propriedades rurais. In: 1º Simpósio Latino Americano de Agrimensura. Anais. Foz do Iguaçu- PR, 1992.
- LOCH, C. "Cadastro Técnico Rural Multifinalitário como Base à Organização Espacial do Uso da Terra a Nível de Propriedade Rural". Tese para o concurso de professor Titular em Cadastro Técnico Multifinalitário. Florianópolis, UFSC, 1993.
- MADRUGA, P. R. de A. "Sistema Integrado de Mapeamento para Manejo de Bacias Hidrográficas". Tese de doutorado apresentada e aprovada no curso de Pós-Graduação Em Engenharia Florestal da UFPR; Curitiba: UFPR, 1992, 224p.
- MADRUGA, P. R. de A. & PEREIRA, R. S. "Sistema de Informação Geográfica aplicado à área florestal - uma proposta metodológica". Tópico especial apresentado ao curso de Pós-Graduação em Engª Florestal. Curitiba: UFPR, 1991. 145 p.
- MAGALHÃES, P. C. "Hidrologia Superficial". In: Coleção ABRH de Recursos Hídricos: engenharia hidrológica. Volume 2. Rio de Janeiro: Editora da UFRJ, 1989, 404p.
- MAH, S. & KIRCHNER, F. F. "An Integrated and Cooperative International Remote Sensing Technology Transfer Program"; 16th Canadian Symposium on Remote Sensing, Canada, 1993.

- Manual of Photogrammetry. American Association Of Photogrammetric Engineering. Volume II, 19.
- MECHANT, J. W. "GIS-Based groundwater pollution hazard assessment: a critical review of the DRASTIC model". Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. Vol 60, No. 9, Setembro/1994, p. 1117 a 1127
- MILANO, M. S. Estudos da paisagem na avaliação de impactos ambientais. Seminário Sobre Avaliação e Relatório de Impacto Ambiental, FUPEF, Curitiba, PR;1989.
- MONEGAT, C. "A pequena propriedade: degradação, revegetação e outras práticas conservacionistas". In: Simpósio Nacional de Recuperação de Areas Degradadas. Anais; Curitiba: UFPR, 1992, 520p.
- MONTGOMERY, G. E. & SCHUCH, H. C. "GIS Data Conversion". Fort Collins, CO, USA: GIS World Inc. 1993. 320p.
- MORRIS, H. M. "Hdraulics in Engineering". New York, USA: Ronald Press Company. 1963, 455p.
- Multi-purpose Geographic Database Guidelines for Local Government. PE&RS, s/d. pp. 1357-1365.
- NETTO, A. & ALVAREZ, G.A. "Manual de Hidráulica". São Paulo: Ed. Edgard Blücher. Vol. II, 1982. 386p.
- NYSTRON, D.A; WRIGHT, B.E; PRISLOW JR. M. P & BATTEN, L. G. "USGS/Connecticut geographic information system project". GIS Technical Papers, VOL 3, ACSM-ASPRS Annual Convention, 1986.
- OLIVEIRA, D. de P. R. "Sistemas de Informações Gerenciais". São Paulo: Editora Atlas, 1992, 268p.
- PAREDES, E. A. "Aplicando SIG na Engenharia Civil", sem referência ???.
- PASTORINO, L. A. "Engenharia de Recursos Hídricos". São Paulo: Editora da USP, 1978, 800p.
- PEUQUET, D. J. & BACASTOW, T. "Organizational issues in the development of geographical information systems: a case study of U. S. Army topographic information automation". J. Geographical Information Systems, vol 5. no. 3, 1991. pp 303-319
- PIRES, P. dos S. "Avaliação da qualidade visual da paisagem na região carbonífera de Criciúma-SC". Curitiba. Dissertação aprovada pelo curso de pós-Graduação em Eng^a Florestal da UFPR, 1994.
- Prefeitura Municipal de Cocal do Sul. "Censo Sócio-Econômico". Cocal do Sul, 1993, 50p.
- "Projeto Unibase: Unificação das Bases Cadastrais". Recife, 1988.

- PUNDEK, M. "Levantamento e Planejamento Conservacionista de Propriedades Rurais em Microbacias". In: Projeto de Recuperação, Conservação e Manejo dos Recursos Naturais em Microbacias Hidrográficas. Projeto Microbacias/BIRD. Florianópolis: Secretaria do Estado da Agricultura e Abastecimento, 1991, 292p.
- RAMOS, F. "Hidrologia". In: Coleção ABRH de Recursos Hídricos: engenharia hidrológica. Volume 2. Rio de Janeiro: Editora da UFRJ, 1989, 404p.
- RENUNCIO, L. E. "Utilização de Sistemas Geográficos de Informação com Vistas ao Planejamento Ambiental de Criciúma-SC". Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil. Florianópolis, UFSC, 1993.
- RENUNCIO, L. E. & LOCH, C. "Integração entre sistemas de informação geográfica e cadastro técnico multifinalitário visando a análise ambiental". I Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. Anais. Florianópolis: Agosto/1994
- RODERJAN, C V.. "Classificação do Vegetação Brasileira". Seminário Sobre Avaliação e Relatório de Impacto Ambiental. FUPEF, Curitiba, PR;1989.
- RUTKOWSKI, E. L. B. "Cadastro Técnico Rural, A Experiencia do Paraná". In: I Seminário Nacionall de Cadastro Técnico Rural e Urbano. Anais. Curitiba,1987.
- SALLES, C. M. "Rios e canais". Florianópolis: Elbert Indústrias Gráficas. 1993.
- SAMPAIO, F. J. M.. "Meio ambiente no direito brasileiro atual". Curitiba: Juruá, 1993, 100p.
- SCHNEIDER, V. P. & LOCH, C. "Cadastro Técnico Multifinalitário Rural: necessidade para uma justa tributação imobiliária rural (ITR)". I Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. Anais. Florianópolis: Agosto/1994
- SEIFFERT, N. F. "Metodologia para mapeamento detalhado de solos para planejamento do uso da terra em microbacias hidrográficas". In: XVII Congresso Brasileiro de Cartografia. Anais. Salvador, BA, 1995.
- SEIFFERT, N. F. & LOCH, C. "Mapeamento Cadastral Rural Como Instrumento para Otimização do Uso da Terra". In: 1º Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. Anais. Florianópolis,1994.
- SEIFFERT, N. F. "Base Documental de Dados sobre a microbacia hidrográfica do rio Cocal". Universidade Federal de Santa Catarina, Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 1994.
- SHELTON, R. L. "Physical resource investigarions for economic development". Washington: Organization of American States, Michigan State University. 1989, 437 p
- SILVA, J. X. da & SOUZA, M. J. L. "Análise Ambiental", Editora da UFRJ, 1988.

- SIMÕES, H. A. S. M. & MAIA, J. C. "Modelos digitais de terreno (MDTA) - uma ferramenta valiosa para mapeamento digital". In: Encontro Nacional de Engenheiros Cartógrafos, 5. Presidente Prudente: Gráfica da UNESP. Anais. pp. 197-205, 1988.
- STRANDBERG, C. H. "Manual de Fotografia Aérea". Barcelona, Spain: Omega. 1975, 268p.
- STUART, N. "Quadtree GIS - pragmatics for the present, prospects for the future". In: GIS/LIS '90. Califórnia, EUA, 1990. pp 373-383.
- TEOTIA, H. S. "Sistema de Informações Geográficas - SIG: parte I - fundamentos". Notas de aula. Curso de Mestrado em Engenharia Civil, UFSC, 1993.
- TOMLINSON, R. F. "Current and Potential Uses of Geographic Information Systems: the North American experience". In: Introductory readings in Geographic Information Systems. Peuquet, D. J. & Marble, D. F. (editors). London: TAYLOR & FRANCIS. 1991, 371 p.
- TOMLINSON, R. F. "Geographic Information Systems - a new frontier". In: Introductory readings in Geographic Information Systems. Peuquet, D. J. & Marble, D. F. (editors). London: TAYLOR & FRANCIS. 1991-b, 371 p.
- TORRES, N. A. "Planejamento de Informática na Empresa". São Paulo: Atlas, 1989, 218p.
- TUCCI, C. E.M. "Avaliação do impacto da mineração da área da Companhia Carbonífera Urussanga sobre a quantidade de água do rio Cocal na cidade de Cocal". Laudo Técnico. 27/07/93.
- VARGAS, M. "Introdução à Mecânica dos Solos". São Paulo: Ed. McGraw Hill do Brasil Ltda. 1977, 509p
- VEIGA, M. et al. "Degradação do solo e da água". In: Projeto de Recuperação, Conservação e Manejo dos Recursos Naturais em Microbacias Hidrográficas. Projeto Microbacias/BIRD. Florianópolis: Secretaria do Estado da Agricultura e Abastecimento, 1991-a, 292p.
- VEIGA, Milton & AMADO, Telmo Jorge. "Preparo do solo". In: Projeto de Recuperação, Conservação e Manejo dos Recursos Naturais em Microbacias Hidrográficas. Projeto Microbacias/BIRD. Florianópolis: Secretaria do Estado da Agricultura e Abastecimento, 1991-a, 292p.
- VEREGIN, H. "Integration of simulation modeling and error propagation for the buffer operation in GIS". Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol. 60, nº 4, April 1994, pp.427-435.
- VILA NOVA, N. A. & REICHARDT, K. "Evaporação e evapotranspiração". In: Coleção ABRH de Recursos Hídricos: engenharia hidrológica". Volume 2. Rio de Janeiro: Editora da UFRJ, 1989, 404p
- WALKER, K.-M. "Airborne Digital Multispectral Imaging". Revista Earth Observation

Magazine, Abril/1993, págs. 66 a 69

WORBOYS, M. P.; HEARNshaw, H. M & MAGUIRE, D. J. "Object-oriented data modeling for spatial databases". International Journal of Geographic Information w, Vol. 4, n°4, 1990. pp. 369-383.

WYNGAARDEN, R. van. "Integrating User Defined Models in GIS". Regina, Saskatchewan, Canadá: Sask GIS' 89, Geographic Information Systems Symposiun. 17/10/89

Anexos

Anexo A:

*Tabelas utilizadas para o cálculo do volume
de água acumulado na represa.*

TABELA I - AREAS DAS CLASSES DE ALTITUDE NA BARRAGEM I

ID areabar1
TITLE areabar1
MAPID ??
WINDOW b1 6552 3136 10400 8168
TABTYPE 4
FTYPE free
KEYFIELD 1
KEYBASE 0
NRECORD 29
1 4 11.000000 0 key1 key1
2 1 10.200000 0 sum1 sum1
DATA

4	63286.65
5	50606.36
6	38932.12
7	31910.03
8	35009.20
9	34739.12
10	92435.10
11	181251.11
12	202628.00
13	261728.39
14	185322.58
15	166788.30
16	176598.98
17	155755.50
18	143257.52
19	138942.98
20	123636.16
21	177618.53
22	363488.02
23	292423.06
24	161359.68
25	103400.37
26	52388.89
27	45042.70
28	43192.65
29	28925.64
30	16157.57
31	7103.12
32	4348.30

TABELA II - AREAS DAS CLASSES DE ALTITUDE NA BARRAGEM III

ID areabar3
TITLE areabar3
MAPID ??
WINDOW b1 6552 3136 10400 8168
TABTYPE 4
FTYPE free
KEYFIELD 1
KEYBASE 0
NRECORD 29
1 4 11.000000 0 key1 key1
2 1 10.200000 0 sum1 sum1
DATA

4	13645.82
5	17204.14
6	10830.23
7	11856.54
8	16211.59
9	15934.76
10	63340.66
11	154634.67
12	190582.40
13	246772.68
14	168388.52
15	158105.20
16	167726.83
17	147646.33
18	132974.20
19	128747.44
20	114905.81
21	168948.94
22	354656.39
23	281923.67
24	161325.92
25	103400.37
26	52260.60
27	44927.91
28	42875.30
29	28858.12
30	15988.77
31	6799.28
32	4348.30

TABELA III - CALCULO DO VOLUME A PARTIR DA AREA DE CADA CLASSE (BARRAGEM I)

ID volumel
 TITLE areabar1
 MAPID ??
 WINDOW b1 6552 3136 10400 8168
 TABTYPE 4
 FTYPE free
 KEYFIELD 1
 KEYBASE 0
 NRECORD 29

1 4 11.000000 0 key1 key1
 2 1 10.200000 0 sum1 sum1
 3 1 10.200000 0 field3 field3
 4 1 10.200000 0 field4 field4
 5 1 10.200000 0 field5 field5
 6 1 10.200000 0 field6 field6
 7 1 10.200000 0 field7 field7

DATA

4	63286.65	80.00	63286.65	63286.65	0.00	0.00
5	50606.36	90.00	113893.00	88589.82	885.90	885.90
6	38932.12	100.00	152825.13	133359.07	1333.59	2219.49
7	31910.03	110.00	184735.15	168780.14	1687.80	3907.29
8	35009.20	120.00	219744.36	202239.76	2022.40	5929.69
9	34739.12	130.00	254483.48	237113.92	2371.14	8300.83
10	92435.10	140.00	346918.58	300701.03	3007.01	11307.84
11	181251.11	150.00	528169.69	437544.13	4375.44	15683.28
12	202628.00	160.00	730797.69	629483.69	6294.84	21978.12
13	261728.39	170.00	992526.08	861661.88	8616.62	30594.73
14	185322.58	180.00	1177848.66	1085187.37	10851.87	41446.61
15	166788.30	190.00	1344636.96	1261242.81	12612.43	54059.04
16	176598.98	200.00	1521235.93	1432936.45	14329.36	68388.40
17	155755.50	210.00	1676991.44	1599113.69	15991.14	84379.54
18	143257.52	220.00	1820248.96	1748620.20	17486.20	101865.74
19	138942.98	230.00	1959191.94	1889720.45	18897.20	120762.94
20	123636.16	240.00	2082828.10	2021010.02	20210.10	140973.04
21	177618.53	250.00	2260446.63	2171637.37	21716.37	162689.42
22	363488.02	260.00	2623934.66	2442190.65	24421.91	187111.32
23	292423.06	270.00	2916357.71	2770146.19	27701.46	214812.79
24	161359.68	280.00	3077717.39	2997037.55	29970.38	244783.16
25	103400.37	290.00	3181117.76	3129417.58	31294.18	276077.34
26	52388.89	300.00	3233506.65	3207312.21	32073.12	308150.46
27	45042.70	310.00	3278549.35	3256028.00	32560.28	340710.74
28	43192.65	320.00	3321742.00	3300145.67	33001.46	373712.20
29	28925.64	330.00	3350667.63	3336204.82	33362.05	407074.24
30	16157.57	340.00	3366825.21	3358746.42	33587.46	440661.71
31	7103.12	350.00	3373928.33	3370376.77	33703.77	474365.48
32	4348.30	360.00	3378276.63	3376102.48	33761.02	508126.50

TABELA IV - CALCULO DO VOLUME A PARTIR DA AREA DE CADA CLASSE (BARRAGEM III)

ID volume3
 TITLE areabar3
 MAPID ??
 WINDOW b1 6552 3136 10400 8168
 TABTYPE 4
 FTYPE free
 KEYFIELD 1
 KEYBASE 0
 NRECORD 29
 1 4 11.000000 0 key1 key1
 2 1 10.200000 0 sum1 sum1
 3 1 10.200000 0 field3 field3
 4 1 10.200000 0 field4 field4
 5 1 10.200000 0 field5 field5
 6 1 10.200000 0 field6 field6
 7 1 10.200000 0 field7 field7

DATA

4	13645.82	80.00	13645.82	13645.82	0.00	0.00
5	17204.14	90.00	30849.96	22247.89	222.48	222.48
6	10830.23	100.00	41680.19	36265.08	362.65	585.13
7	11856.54	110.00	53536.73	47608.46	476.08	1061.21
8	16211.59	120.00	69748.32	61642.53	616.43	1677.64
9	15934.76	130.00	85683.08	77715.70	777.16	2454.80
10	63340.66	140.00	149023.74	117353.41	1173.53	3628.33
11	154634.67	150.00	303658.41	226341.08	2263.41	5891.74
12	190582.40	160.00	494240.81	398949.61	3989.50	9881.24
13	246772.68	170.00	741013.49	617627.15	6176.27	16057.51
14	168388.52	180.00	909402.01	825207.75	8252.08	24309.59
15	158105.20	190.00	1067507.22	988454.62	9884.55	34194.13
16	167726.83	200.00	1235234.04	1151370.63	11513.71	45707.84
17	147646.33	210.00	1382880.38	1309057.21	13090.57	58798.41
18	132974.20	220.00	1515854.58	1449367.48	14493.67	73292.09
19	128747.44	230.00	1644602.02	1580228.30	15802.28	89094.37
20	114905.81	240.00	1759507.82	1702054.92	17020.55	106114.92
21	168948.94	250.00	1928456.76	1843982.29	18439.82	124554.74
22	354656.39	260.00	2283113.15	2105784.96	21057.85	145612.59
23	281923.67	270.00	2565036.82	2424074.99	24240.75	169853.34
24	161325.92	280.00	2726362.74	2645699.78	26457.00	196310.34
25	103400.37	290.00	2829763.11	2778062.93	27780.63	224090.97
26	52260.60	300.00	2882023.71	2855893.41	28558.93	252649.90
27	44927.91	310.00	2926951.63	2904487.67	29044.88	281694.78
28	42875.30	320.00	2969826.93	2948389.28	29483.89	311178.67
29	28858.12	330.00	2998685.04	2984255.99	29842.56	341021.23
30	15988.77	340.00	3014673.82	3006679.43	30066.79	371088.03
31	6799.28	350.00	3021473.10	3018073.46	30180.73	401268.76
32	4348.30	360.00	3025821.40	3023647.25	30236.47	431505.23

TABELA V-A - AREA DAS VARIAS CLASSES DE ALTITUDE - LEVTO. TAQUEOMETRICO

ID areataq
 TITLE areataq
 MAPID ??
 WINDOW tq 9425 5543 10139 5878
 TABTYPE 4
 FTYPE free
 KEYFIELD 1
 KEYBASE 0
 NRECORD 8
 1 4 11.000000 0 key1 key1
 2 1 10.200000 0 sum1 sum1
 DATA

1	6864.69
2	5737.10
3	8470.83
4	7642.44
5	17797.47
6	7562.26
7	7471.53
8	3427.91

TABELA V-B - CALC. DO VOLUME (TAQUEOMETRIA)

ID volutaq
 TITLE areataq
 MAPID ??
 WINDOW tq 9425 5543 10139 5878
 TABTYPE 4
 FTYPE free
 KEYFIELD 1
 KEYBASE 0
 NRECORD 8
 1 4 11.000000 0 key1 key1
 2 1 10.200000 0 sum1 sum1
 3 1 10.200000 0 field3 field3
 4 1 10.200000 0 field4 field4
 5 1 10.200000 0 field5 field5
 6 1 10.200000 0 field6 field6
 7 1 10.200000 0 field7 field7
 DATA

1	6864.69	80.00	6864.69	6864.69	0.00	0.00
2	5737.10	82.00	12601.79	9733.24	19.47	19.47
3	8470.83	84.00	21072.62	16837.21	33.67	53.14
4	7642.44	86.00	28715.06	24893.84	49.79	102.93
5	17797.47	88.00	46512.53	37613.79	75.23	178.16
6	7562.26	90.00	54074.79	50293.66	100.59	278.74
7	7471.53	92.00	61546.31	57810.55	115.62	394.36
8	3427.91	94.00	64974.23	63260.27	126.52	520.89

TABELA VI-A, B, C, D - CALCULO DAS AREAS NOS CORTES 1 A 4

ID cortare1
TITLE cortare1
MAPID ??
WINDOW tq 9425 5543 10139 5878
TABTYPE 4
FTYPE free
KEYFIELD 1
KEYBASE 0
NRECORD 5

1 4 11.000000 0 key1 key1
2 1 10.200000 0 sum1 sum1

DATA

4	69.21
5	540.16
6	1340.70
7	993.39
8	1534.82

ID cortare2
TITLE cortare2
MAPID ??
WINDOW tq 9425 5543 10139 5878
TABTYPE 4
FTYPE free
KEYFIELD 1
KEYBASE 0
NRECORD 7

1 4 11.000000 0 key1 key1
2 1 10.200000 0 sum1 sum1

DATA

2	25.32
3	2186.81
4	5007.04
5	3132.09
6	3968.08
7	1525.53
8	1747.51

ID cortare3
TITLE cortare3
MAPID ??
WINDOW tq 9425 5543 10139 5878
TABTYPE 4
FTYPE free
KEYFIELD 1
KEYBASE 0
NRECORD 8

1 4 11.000000 0 key1 key1
2 1 10.200000 0 sum1 sum1

DATA

1	441.41
2	3782.39
3	2196.09
4	2332.82
5	2477.99
6	1608.67
7	1350.83

8 1456.33

ID cortare4

TITLE cortare4

MAPID ??

WINDOW tq 9425 5543 10139 5878

TABTYPE 4

FTYPE free

KEYFIELD 1

KEYBASE 0

NRECORD 8

1 4 11.000000 0 key1 key1
2 1 10.200000 0 sum1 sum1

DATA

1	2991.57
2	3684.91
3	3206.79
4	10422.16
5	1514.56
6	1552.12
7	1893.52
8	2154.74

TABELA VII-A, B, C, D - CALCULO DO VOLUME NOS CORTES 1 A 4

ID cortvol1
 TITLE cortarel
 MAPID ??
 WINDOW tq 9425 5543 10139 5878
 TABTYPE 4
 FTYPE free
 KEYFIELD 1
 KEYBASE 0
 NRECORD 5
 1 4 11.000000 0 key1 key1
 2 1 10.200000 0 sum1 sum1
 3 1 10.200000 0 field3 field3
 4 1 10.200000 0 field4 field4
 5 1 10.200000 0 field5 field5
 6 1 10.200000 0 field6 field6
 7 1 10.200000 0 field7 field7

DATA

4	69.21	86.00	69.21	69.21	0.00	0.00
5	540.16	88.00	609.37	339.29	0.68	0.68
6	1340.70	90.00	1950.07	1279.72	2.56	3.24
7	993.39	92.00	2943.46	2446.76	4.89	8.13
8	1534.82	94.00	4478.27	3710.87	7.42	15.55

ID cortvol2
 TITLE cortare2
 MAPID ??
 WINDOW tq 9425 5543 10139 5878
 TABTYPE 4
 FTYPE free
 KEYFIELD 1
 KEYBASE 0
 NRECORD 7
 1 4 11.000000 0 key1 key1
 2 1 10.200000 0 sum1 sum1
 3 1 10.200000 0 field3 field3
 4 1 10.200000 0 field4 field4
 5 1 10.200000 0 field5 field5
 6 1 10.200000 0 field6 field6
 7 1 10.200000 0 field7 field7

DATA

2	25.32	82.00	25.32	25.32	0.00	0.00
3	2186.81	84.00	2212.13	1118.72	2.24	2.24
4	5007.04	86.00	7219.17	4715.65	9.43	11.67
5	3132.09	88.00	10351.26	8785.22	17.57	29.24
6	3968.08	90.00	14319.34	12335.30	24.67	53.91
7	1525.53	92.00	15844.87	15082.10	30.16	84.07
8	1747.51	94.00	17592.38	16718.62	33.44	117.51

ID cortvol3
 TITLE cortare3
 MAPID ??
 WINDOW tq 9425 5543 10139 5878
 TABTYPE 4
 FTYPE free
 KEYFIELD 1
 KEYBASE 0
 NRECORD 8

1 4 11.000000 0 key1 key1
2 1 10.200000 0 sum1 sum1
3 1 10.200000 0 field3 field3
4 1 10.200000 0 field4 field4
5 1 10.200000 0 field5 field5
6 1 10.200000 0 field6 field6
7 1 10.200000 0 field7 field7

DATA

1	441.41	80.00	441.41	441.41	0.00	0.00
2	3782.39	82.00	4223.81	2332.61	4.67	4.67
3	2196.09	84.00	6419.90	5321.85	10.64	15.31
4	2332.82	86.00	8752.72	7586.31	15.17	30.48
5	2477.99	88.00	11230.71	9991.72	19.98	50.46
6	1608.67	90.00	12839.38	12035.05	24.07	74.54
7	1350.83	92.00	14190.21	13514.79	27.03	101.56
8	1456.33	94.00	15646.53	14918.37	29.84	131.40

ID cortvol4

TITLE cortare4

MAPID ??

WINDOW tq 9425 5543 10139 5878

TABTYPE 4

FTYPE free

KEYFIELD 1

KEYBASE 0

NRECORD 8

1 4 11.000000 0 key1 key1
2 1 10.200000 0 sum1 sum1
3 1 10.200000 0 field3 field3
4 1 10.200000 0 field4 field4
5 1 10.200000 0 field5 field5
6 1 10.200000 0 field6 field6
7 1 10.200000 0 field7 field7

DATA

1	2991.57	80.00	2991.57	2991.57	0.00	0.00
2	3684.91	82.00	6676.48	4834.02	9.67	9.67
3	3206.79	84.00	9883.26	8279.87	16.56	26.23
4	10422.16	86.00	20305.42	15094.34	30.19	56.42
5	1514.56	88.00	21819.98	21062.70	42.13	98.54
6	1552.12	90.00	23372.10	22596.04	45.19	143.73
7	1893.52	92.00	25265.62	24318.86	48.64	192.37
8	2154.74	94.00	27420.36	26342.99	52.69	245.06

TABELA VIII - DADOS DE DEMANDA E PRECIPITACAO MENSAL

ID demanda

TITLE Tabela de dados de demanda e prec.

TABTYPE 4

PRTYPE free

KEYFIELD 0

DATAFILE demanda.txt

1 26 6.000000 0 mes mes

2 3 5.000000 0 demanda demanda m3

3 1 6.200000 0 precip precipit. em mm

DATA

mai/94 29070 96.09

jun 28726 83.54

jul 28841 90.69

ago 30409 111.46

set 34727 125.56

out 32020 126.15

nov 31467 119.95

dez 34510 139.19

jan 33681 197.45

fev 33112 196.57

mar 31535 162.08

abr/95 34423 103.28

TABELA IX-A - AREA DAS CLASSES DE USO DO SOLO EM TODA A MICROBACIA

SINGLE MAP ANALYSIS

Map : usor - uso do solo reclassif.

Window : aa - rio cocai

Class	Legend	Area % (%)	Cumm % Area	Area (km ²) (km ²)
1	CAPOEIRA	3.05	3.05	0.8437
2	C. ANUAL	11.07	14.12	3.0637
3	BANANA	3.88	18.00	1.0742
4	CITRUS	2.30	20.30	0.6371
5	PESSEGO	0.48	20.78	0.1322
6	MATA	45.61	66.39	12.6216
7	PASTAGEM	20.83	87.22	5.7646
8	REFLOR.	7.34	94.56	2.0315
9	ACUDE	0.01	94.57	0.0030
10	MINER.	0.46	95.03	0.1279
11	SUINO.	0.18	95.21	0.0488
12	A. URBANA	4.79	100.00	1.3258
Total of 12 classes		100.00		27.6742

TABELA IX-B - AREA DAS CLASSES DE USO DO SOLO NA AREA DA BARRAGEM I

AREA CROSS TABULATION

Row : usor - uso do solo reclassif.
 Col : barragem - base da barragem 1

Window : b1 - barragem1

Contingency Coefficient 0.0000
 Tschuprow's T 0.0000
 Cramer's V 0.0000

Area (km sq)

Total %

Row %

Col %

1

Total

	1	Total
CAPO	0.08797	0.08797
	2.61	2.61
	100.00	
	2.61	
CA	0.03342	0.03342
	0.99	0.99
	100.00	
	0.99	
BANANA	0.70553	0.70553
	20.95	20.95
	100.00	
	20.95	
CITRUS	0.07882	0.07882
	2.34	2.34
	100.00	
	2.34	
MATA	2.06362	2.06362
	61.27	61.27
	100.00	
	61.27	
PASTO	0.35714	0.35714
	10.60	10.60
	100.00	
	10.60	
REFE	0.04184	0.04184
	1.24	1.24
	100.00	
	1.24	
Total	3.36834	3.36834
	100.00	

TABELA X - DETERMINACAO DO USO DE SOLO ALAGADO EM CADA COTA

AREA CROSS TABULATION

Row : curvatar - curvatar
 Col : usor - uso do solo reclassif.
 Window : tq - taqueometria
 Contingency Coefficient 0.3606
 Tschuprow's T 0.1305
 Cramer's V 0.1461

Area (km sq)

Total %			
Row %			
Col %	MATA	PASTO	Total
-----	-----	-----	-----
<80	0.003428	0.000000	0.003428
	5.28	0.00	5.28
	100.00	0.00	
	7.26	0.00	
80-82	0.007472	0.000000	0.007472
	11.50	0.00	11.50
	100.00	0.00	
	15.82	0.00	
82-84	0.006491	0.001071	0.007562
	9.99	1.65	11.64
	85.84	14.16	
	13.75	6.03	
84-86	0.013373	0.004425	0.017797
	20.58	6.81	27.39
	75.14	24.86	
	28.32	24.92	
86-88	0.004301	0.003342	0.007642
	6.62	5.14	11.76
	56.27	43.73	
	9.11	18.82	
88-90	0.003668	0.004803	0.008471
	5.64	7.39	13.04
	43.30	56.70	
	7.77	27.05	
90-92	0.003922	0.001815	0.005737
	6.04	2.79	8.83
	68.36	31.64	
	8.31	10.22	
92-94	0.004564	0.002301	0.006865
	7.02	3.54	10.57
	66.48	33.52	
	9.66	12.96	
-----	-----	-----	-----
Total	0.047217	0.017757	0.064974
	72.67	27.33	

TABELA XI - CARACTERIZACAO DO RELEVO A MONTANTE DA BARRAGEM I

AREA CROSS TABULATION

Row : altimet1 - altimetria da barragem 1
 Col : declibar - diclividade barragens interp. n.linear

Window : b1 - barragem1

Contingency Coefficient 0.5172
 Tschuprow's T 0.1713
 Cramer's V 0.2703

Area (kn sq)

Total %							Total
Row %							
Col %	0 - 3%	3 - 8%	8 - 20%	20 - 45%	45 - 75%	> 75%	
80	0.00250	0.01677	0.03325	0.01034	0.00041	0.00001	0.06329
	0.07	0.50	0.98	0.31	0.01	0.00	1.87
	3.96	26.50	52.53	16.33	0.65	0.02	
	1.88	4.10	2.80	0.77	0.15	0.03	
90	0.00053	0.00093	0.01655	0.02637	0.00515	0.00109	0.05061
	0.02	0.03	0.49	0.78	0.15	0.03	1.50
	1.04	1.83	32.70	52.11	10.17	2.15	
	0.40	0.23	1.40	1.98	1.93	2.24	
100	0.00000	0.00051	0.00386	0.02651	0.00573	0.00232	0.03893
	0.00	0.02	0.11	0.78	0.17	0.07	1.15
	0.00	1.32	9.92	68.09	14.72	5.95	
	0.00	0.13	0.33	1.99	2.15	4.77	
110	0.00001	0.00003	0.00398	0.01838	0.00712	0.00240	0.03191
	0.00	0.00	0.12	0.54	0.21	0.07	0.94
	0.02	0.08	12.48	57.60	22.30	7.51	
	0.01	0.01	0.34	1.38	2.67	4.93	
120	0.00001	0.00002	0.00647	0.02126	0.00637	0.00088	0.03501
	0.00	0.00	0.19	0.63	0.19	0.03	1.04
	0.02	0.06	18.48	60.73	18.21	2.51	
	0.01	0.00	0.55	1.59	2.39	1.81	
130	0.00006	0.00065	0.00628	0.01907	0.00824	0.00045	0.03474
	0.00	0.02	0.19	0.56	0.24	0.01	1.03
	0.17	1.87	18.08	54.89	23.71	1.28	
	0.05	0.16	0.53	1.43	3.09	0.92	
140	0.01038	0.01962	0.03722	0.01849	0.00542	0.00130	0.09244
	0.31	0.58	1.10	0.55	0.16	0.04	2.74
	11.23	21.23	40.26	20.01	5.86	1.41	
	7.81	4.80	3.14	1.39	2.03	2.68	
150	0.01118	0.05155	0.08418	0.02971	0.00409	0.00053	0.18125
	0.33	1.53	2.49	0.88	0.12	0.02	5.37
	6.17	28.44	46.45	16.39	2.26	0.29	
	8.40	12.60	7.10	2.23	1.53	1.10	

160	0.01020	0.02712	0.10549	0.05809	0.00174	0.00000	0.20263
	0.30	0.80	3.12	1.72	0.05	0.00	6.00
	5.03	13.38	52.06	28.67	0.86	0.00	
	7.67	6.63	8.90	4.35	0.65	0.00	
170	0.02444	0.07109	0.10470	0.05888	0.00230	0.00032	0.26173
	0.72	2.10	3.10	1.74	0.07	0.01	7.75
	9.34	27.16	40.00	22.50	0.88	0.12	
	18.37	17.38	8.83	4.41	0.86	0.65	
180	0.00415	0.01291	0.09595	0.06592	0.00564	0.00076	0.18532
	0.12	0.38	2.84	1.95	0.17	0.02	5.49
	2.24	6.97	51.77	35.57	3.04	0.41	
	3.12	3.16	8.09	4.94	2.11	1.57	
190	0.00174	0.00446	0.06456	0.08343	0.01165	0.00095	0.16679
	0.05	0.13	1.91	2.47	0.34	0.03	4.94
	1.04	2.68	38.71	50.02	6.98	0.57	
	1.30	1.09	5.45	6.25	4.36	1.96	
200	0.00115	0.00830	0.06027	0.09366	0.01148	0.00174	0.17660
	0.03	0.25	1.78	2.77	0.34	0.05	5.23
	0.65	4.70	34.13	53.04	6.50	0.98	
	0.87	2.03	5.08	7.01	4.30	3.57	
210	0.00304	0.01340	0.03354	0.08551	0.01856	0.00171	0.15576
	0.09	0.40	0.99	2.53	0.55	0.05	4.61
	1.95	8.60	21.54	54.90	11.92	1.10	
	2.28	3.28	2.83	6.40	6.95	3.51	
220	0.00061	0.00226	0.02790	0.09543	0.01565	0.00140	0.14326
	0.02	0.07	0.83	2.82	0.46	0.04	4.24
	0.43	1.58	19.47	66.62	10.93	0.98	
	0.46	0.55	2.35	7.15	5.86	2.88	
230	0.00021	0.00503	0.03040	0.08316	0.01841	0.00174	0.13894
	0.01	0.15	0.90	2.46	0.54	0.05	4.11
	0.15	3.62	21.88	59.86	13.25	1.25	
	0.16	1.23	2.56	6.23	6.89	3.57	
240	0.00010	0.00055	0.01947	0.08183	0.01983	0.00186	0.12364
	0.00	0.02	0.58	2.42	0.59	0.05	3.66
	0.08	0.45	15.74	66.18	16.04	1.50	
	0.08	0.14	1.64	6.13	7.43	3.82	
250	0.00531	0.00724	0.05946	0.09408	0.01047	0.00106	0.17762
	0.16	0.21	1.76	2.78	0.31	0.03	5.26
	2.99	4.08	33.48	52.97	5.89	0.60	
	3.99	1.77	5.02	7.05	3.92	2.18	
260	0.04340	0.09594	0.13413	0.07823	0.01067	0.00112	0.36349
	1.28	2.84	3.97	2.32	0.32	0.03	10.76
	11.94	26.39	36.90	21.52	2.93	0.31	
	32.62	23.46	11.31	5.86	4.00	2.31	
270	0.01203	0.05834	0.13259	0.07104	0.01221	0.00622	0.29242
	0.36	1.73	3.92	2.10	0.36	0.18	8.66
	4.11	19.95	45.34	24.29	4.17	2.13	
	9.04	14.26	11.18	5.32	4.57	12.80	

280	0.00060	0.00365	0.06988	0.07111	0.01317	0.00295	0.16136
	0.02	0.11	2.07	2.10	0.39	0.09	4.78
	0.37	2.26	43.31	44.07	8.16	1.83	
	0.45	0.89	5.89	5.33	4.93	6.07	
290	0.00042	0.00348	0.02809	0.06378	0.00584	0.00180	0.10340
	0.01	0.10	0.83	1.89	0.17	0.05	3.06
	0.40	3.36	27.16	61.68	5.65	1.74	
	0.31	0.85	2.37	4.78	2.19	3.70	
300	0.00045	0.00095	0.00704	0.02036	0.02134	0.00226	0.05239
	0.01	0.03	0.21	0.60	0.63	0.07	1.55
	0.86	1.80	13.44	38.86	40.73	4.30	
	0.34	0.23	0.59	1.52	7.99	4.64	
310	0.00002	0.00008	0.00396	0.02080	0.01717	0.00301	0.04504
	0.00	0.00	0.12	0.62	0.51	0.09	1.33
	0.04	0.18	8.80	46.17	38.12	6.69	
	0.02	0.02	0.33	1.56	6.43	6.20	
320	0.00028	0.00180	0.00723	0.01783	0.01295	0.00309	0.04319
	0.01	0.05	0.21	0.53	0.38	0.09	1.28
	0.66	4.17	16.74	41.28	29.98	7.16	
	0.21	0.44	0.61	1.34	4.85	6.36	
330	0.00018	0.00164	0.00463	0.01030	0.00820	0.00397	0.02893
	0.01	0.05	0.14	0.30	0.24	0.12	0.86
	0.61	5.67	16.01	35.62	28.36	13.73	
	0.13	0.40	0.39	0.77	3.07	8.17	
340	0.00001	0.00043	0.00301	0.00680	0.00420	0.00170	0.01616
	0.00	0.01	0.09	0.20	0.12	0.05	0.48
	0.08	2.67	18.64	42.08	25.99	10.53	
	0.01	0.11	0.25	0.51	1.57	3.50	
350	0.00001	0.00010	0.00070	0.00344	0.00177	0.00109	0.00710
	0.00	0.00	0.02	0.10	0.05	0.03	0.21
	0.19	1.43	9.79	48.38	24.90	15.30	
	0.01	0.02	0.06	0.26	0.66	2.24	
360	0.00000	0.00015	0.00070	0.00140	0.00120	0.00090	0.00435
	0.00	0.00	0.02	0.04	0.04	0.03	0.13
	0.00	3.42	16.15	32.14	27.64	20.65	
	0.00	0.04	0.06	0.10	0.45	1.85	
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Total	0.13303	0.40899	1.18549	1.33521	0.26695	0.04860	3.37828
	3.94	12.11	35.09	39.52	7.90	1.44	

TABELA XII-A, B, C - CALCULO DO TEMPO PARA ENCHER O RESERVATORIO

ID tempo10
 TITLE Tabela de dados de demanda e prec.
 MAPID demanda
 WINDOW ?? 0 0 0 0
 TABTYPE 4
 FTYPE free
 KEYFIELD 0
 KEYBASE 0
 NRECORD 12

1 26 6.000000 0 mes mes
 2 3 5.000000 0 demanda demanda m3
 3 1 6.200000 0 precip precipit. em mm
 4 1 10.200000 0 field4 field4
 5 1 10.200000 0 field5 field5
 6 1 10.200000 0 field6 field6
 7 1 10.200000 0 field7 field7

DATA

'mai/94'	29070	96.09	29070.00	32382.33	3312.33	3312.33
' jun'	28726	83.54	28726.00	28152.98	-573.02	2739.31
' jul'	28841	90.69	28841.00	30562.53	1721.53	4460.84
' ago'	30409	111.46	30409.00	37562.02	7153.02	11613.86
' set'	34727	125.56	34727.00	42313.72	7586.72	19200.58
' out'	32020	126.15	32020.00	42512.55	10492.55	29693.13
' nov'	31467	119.95	31467.00	40423.15	8956.15	38649.28
' dez'	34510	139.19	34510.00	46907.03	12397.03	51046.31
' jan'	33681	197.45	33681.00	66540.65	32859.65	83905.96
' fev'	33112	196.57	33112.00	66244.09	33132.09	117038.05
' mar'	31535	162.08	31535.00	54620.96	23085.96	140124.01
'abr/95'	34423	103.28	34423.00	34805.36	382.36	140506.37

ID tempo
 TITLE Tabela de dados de demanda e prec.
 MAPID demanda
 WINDOW ?? 0 0 0 0
 TABTYPE 4
 FTYPE free
 KEYFIELD 0
 KEYBASE 0
 NRECORD 12

1 26 6.000000 0 mes mes
 2 3 5.000000 0 demanda demanda m3
 3 1 6.200000 0 precip precipit. em mm
 4 1 10.200000 0 field4 field4
 5 1 10.200000 0 field5 field5
 6 1 10.200000 0 field6 field6
 7 1 10.200000 0 field7 field7

DATA

'mai/94'	29070	96.09	29070.00	64764.66	35694.66	35694.66
' jun'	28726	83.54	28726.00	56305.96	27579.96	63274.62
' jul'	28841	90.69	28841.00	61125.06	32284.06	95558.68
' ago'	30409	111.46	30409.00	75124.04	44715.04	140273.72
' set'	34727	125.56	34727.00	84627.44	49900.44	190174.16
' out'	32020	126.15	32020.00	85025.10	53005.10	243179.26
' nov'	31467	119.95	31467.00	80846.30	49379.30	292558.56
' dez'	34510	139.19	34510.00	93814.06	59304.06	351862.62
' jan'	33681	197.45	33681.00	133081.30	99400.30	451262.92
' fev'	33112	196.57	33112.00	132488.18	99376.18	550639.10

' mar'	31535	162.08	31535.00	109241.92	77706.92	628346.02
'abr/95'	34423	103.28	34423.00	69610.72	35187.72	663533.74

ID tempo40

TITLE Tabela de dados de demanda e prec.

MAPID demanda

WINDOW ?? 0 0 0 0

TABTYPE 4

FTYPE free

KEYFIELD 0

KEYBASE 0

NRECORD 12

1	26	6.000000	0	mes	mes	
2	3	5.000000	0	demanda	demanda	m3
3	1	6.200000	0	precip	precipit.	em mm
4	1	10.200000	0	field4	field4	
5	1	10.200000	0	field5	field5	
6	1	10.200000	0	field6	field6	
7	1	10.200000	0	field7	field7	

DATA

'mai/94'	29070	96.09	29070.00	129529.32	100459.32	100459.32
' jun'	28726	83.54	28726.00	112611.92	83885.92	184345.24
' jul'	28841	90.69	28841.00	122250.12	93409.12	277754.36
' ago'	30409	111.46	30409.00	150248.08	119839.08	397593.44
' set'	34727	125.56	34727.00	169254.88	134527.88	532121.32
' out'	32020	126.15	32020.00	170050.20	138030.20	670151.52
' nov'	31467	119.95	31467.00	161692.60	130225.60	800377.12
' dez'	34510	139.19	34510.00	187628.12	153118.12	953495.24
' jan'	33681	197.45	33681.00	266162.60	232481.60	1185976.84
' fev'	33112	196.57	33112.00	264976.36	231864.36	1417841.20
' mar'	31535	162.08	31535.00	218483.84	186948.84	1604790.04
'abr/95'	34423	103.28	34423.00	139221.44	104798.44	1709588.48

TABELA XIII - RESULTADO DO PROGRAMA VOLUMEAG.EXE

Arquivo de origem: \LER\IDRISI\ALTIMET1.VAL

Funcao deste arquivo: calcular o volume armazenado de agua em uma regio

Conteudo das colunas:

Cota

Area

Area acumulada

Area media

Volume no estrato

Volume total

80.00	71410.10	71410.10	71410.10	0.00	0.00
90.00	38305.42	109715.52	90562.81	905628.13	905628.13
100.00	38905.50	148621.03	129168.28	1291682.75	2197311.00
110.00	30404.30	179025.33	163823.19	1638231.88	3835543.00
120.00	36105.11	215130.44	197077.88	1970778.75	5806322.00
130.00	36705.20	251835.63	233483.03	2334830.25	8141152.00
140.00	92813.13	344648.75	298242.19	2982422.00	11123574.00
150.00	174724.72	519373.47	432011.13	4320111.00	15443685.00
160.00	197627.97	717001.44	618187.44	6181874.50	21625560.00
170.00	266237.69	983239.13	850120.25	8501202.00	30126762.00
180.00	183826.02	1167065.13	1075152.13	10751521.00	40878284.00
190.00	168623.86	1335689.00	1251377.00	12513770.00	53392056.00
200.00	175524.84	1511213.88	1423451.50	14234515.00	67626568.00
210.00	155221.97	1666435.88	1588824.88	15888249.00	83514816.00
220.00	142820.20	1809256.13	1737846.00	17378460.00	100893280.00
230.00	135719.20	1944975.38	1877115.75	18771158.00	119664440.00
240.00	124217.58	2069193.00	2007084.25	20070842.00	139735280.00
250.00	173024.48	2242217.50	2155705.25	21557052.00	161292336.00
260.00	358050.66	2600268.25	2421243.00	24212430.00	185504768.00
270.00	288340.81	2888609.00	2744438.50	27444384.00	212949152.00
280.00	163623.16	3052232.25	2970420.50	29704204.00	242653360.00
290.00	115516.34	3167748.50	3109990.50	31099904.00	273753280.00
300.00	70309.95	3238058.50	3202903.50	32029036.00	305782304.00
310.00	51507.29	3289565.75	3263812.00	32638120.00	338420416.00
320.00	46306.55	3335872.25	3312719.00	33127190.00	371547616.00
330.00	31404.44	3367276.75	3351574.50	33515744.00	405063360.00
340.00	17202.43	3384479.25	3375878.00	33758780.00	438822144.00
350.00	8601.22	3393080.50	3388780.00	33887800.00	472709952.00
360.00	4200.59	3397281.00	3395180.75	33951808.00	506661760.00

Anexo B:

Principais rotinas programadas em QuickBasic

```

*****
'* ARQUIVO VOLUMEAG.BAS E VOLUMEAG.EXE *
'* PROGRAMA PARA CALCULAR VOLUME ARMazenado EM BARRAGEM *
'* ASSUNTO: DISSERTACAO DE MESTRADO *
'* PROGRAMADOR: LUIZ ERNESTO RENUNCIIO 31/03/95 *
*****
CLEAR
CLS
LOCATE 10, 2: PRINT "Entre com o nome do arquivo com as areas das classes de altitude: "
LOCATE 11, 2: INPUT argarea$
OPEN argarea$ FOR INPUT AS #1
OPEN "volumeag.txt" FOR OUTPUT AS #2
CLS
LOCATE 10, 12: INPUT "Arquivo a processar (Spans ou Idrisi): ", proc$
IF UCASE$(proc$) = "S" THEN GOTO spans
IF UCASE$(proc$) = "I" THEN GOTO Idrisi
spans:
DO WHILE LEFT$(linha$, 7) <> "KEYBASE"
  INPUT #1, linha$
LOOP
INPUT #1, aux, nrecord
DIM classe%(nrecord), area%(nrecord), areacum(nrecord)
DIM areamed(nrecord), volest(nrecord), volume(nrecord), cota%(nrecord)
DO WHILE LEFT$(linha$, 4) <> "DATA"
  INPUT #1, linha$
LOOP
FOR i = 1 TO nrecord
  INPUT #1, classe%(i), area%(i)
NEXT i
LOCATE 12, 2: PRINT "Entre o valor da cota da primeira classe da area de estudo: "
LOCATE 13, 2: INPUT cotal
LOCATE 14, 2: PRINT "Entre o intervalo entre as cotas (em m): "
LOCATE 15, 2: INPUT intercota
FOR i = 1 TO nrecord
  'calcula a cota
  cota%(i) = (classe%(i) - 1) * intercota + cotal
  'acumula as areas
  areacum(i) = area%(i) + areacum(i - 1)
  'calcula a area media
  IF i = 1 THEN areamed(1) = area%(1)
  IF i > 1 THEN areamed(i) = (areacum(i) + areacum(i - 1)) / 2
  'calcula o volume de agua armazenado em cada estrato
  IF i = 1 THEN volest(1) = 0
  IF i > 1 THEN volest(i) = areamed(i) * intercota
  'calcula o volume total armazenado ate a cota n
  volume(i) = volest(i) + volume(i - 1)
NEXT i
'imprime
CLS
PRINT #2, "Arquivo de origem: "; argarea$
PRINT #2, "Funcao deste arquivo: calcular o volume armazenado de agua em uma regioao"
PRINT #2,
PRINT #2, "Conteudo das colunas:"
PRINT #2, "Cota"
PRINT #2, "Area"
PRINT #2, "Area acumulada"
PRINT #2, "Area media"
PRINT #2, "Volume no estrato"
PRINT #2, "Volume total"
PRINT #2,

```

```

FOR i = 1 TO nrecord
  PRINT #2, USING "#####.###"; cota%(i); area#(i); areacum(i); areamed(i); volest(i); volume(i)
NEXT i
PRINT "Conteudo das colunas:"
PRINT "Cota"
PRINT "Area"
PRINT "Area acumulada"
PRINT "Area media"
PRINT "Volume no estrato"
PRINT "Volume total"
PRINT
FOR i = 1 TO nrecord
  PRINT USING "#####.###"; cota%(i); area#(i); areacum(i); areamed(i); volest(i); volume(i)
NEXT i
PRINT : PRINT
PRINT "O arquivo de saida chama-se volumeag.txt (ASCII)"
CLOSE #1, #2
END
Idrisi:
INPUT #1, linha$
DIM classe%(50), area#(50), areacum(50)
DIM areamed(50), volest(50), volume(50), cota%(50)
i = 1
DO WHILE NOT EOF(1)
  INPUT #1, classe%(i), area#(i)
  i = i + 1
LOOP
numclasses = i - 1
LOCATE 12, 2: PRINT "Entre o valor da cota da primeira classe da area de estudo: "
LOCATE 13, 2: INPUT cotal
LOCATE 14, 2: PRINT "Entre o intervalo entre as cotas (em m): "
LOCATE 15, 2: INPUT intercota
FOR i = 1 TO numclasses
  'calcula a cota
  cota%(i) = (classe%(i) - 1) * intercota + cotal
  'acumula as areas
  areacum(i) = area#(i) + areacum(i - 1)
  'calcula a area media
  IF i = 1 THEN areamed(1) = area#(1)
  IF i > 1 THEN areamed(i) = (areacum(i) + areacum(i - 1)) / 2
  'calcula o volume de agua armazenado em cada estrato
  IF i = 1 THEN volest(1) = 0
  IF i > 1 THEN volest(i) = areamed(i) * intercota
  'calcula o volume total armazenado ate a cota n
  volume(i) = volest(i) + volume(i - 1)
NEXT i
'imprime
CLS
PRINT #2, "Arquivo de origem: "; argarea$
PRINT #2, "Funcao deste arquivo: calcular o volume armazenado de agua em uma regioao"
PRINT #2,
PRINT #2, "Conteudo das colunas:"
PRINT #2, "Cota"
PRINT #2, "Area"
PRINT #2, "Area acumulada"
PRINT #2, "Area media"
PRINT #2, "Volume no estrato"
PRINT #2, "Volume total"
PRINT #2,
FOR i = 1 TO numclasses

```

```
PRINT #2, USING "#####.##"; cota%(i); area%(i); areacum(i); areamed(i); volest(i); volume(i)
NEXT i
PRINT "Conteudo das colunas:"
PRINT "Cota"
PRINT "Area"
PRINT "Area acumulada"
PRINT "Area media"
PRINT "Volume no estrato"
PRINT "Volume total"
PRINT
FOR i = 1 TO numclasses
PRINT USING "#####.##"; cota%(i); area%(i); areacum(i); areamed(i); volest(i); volume(i)
NEXT i
PRINT : PRINT
PRINT "O arquivo de saida chama-se volumeag.txt (ASCII)"
CLOSE #1, #2
END
```

```
'*****
'* ARQUIVO TAQUEOME.BAS *
'* INSERE PONTOS DE TAQUEOMETRIA NO ARQUIVO DXF *
'* ASSUNTO: DISSERTACAO DE MESTRADO *
'* PROGRAMADOR: LUIZ ERNESTO RENUNCIO 06/95 *
'*****
```

```
CLS
REM
REM LINE (100, 100)-(200, 200), , B
OPEN "D:\ler\cocal\auxtaque.dxf" FOR INPUT AS #1
OPEN "d:\ler\cocal\taqueome.prn" FOR INPUT AS #2
arqsaida$ = "d:\ler\idrisi\taqueome.dxf"
LOCATE 19, 10: PRINT "O arquivo de saida eh: d:\ler\cocal\taqueome.dxf"
OPEN arqsaida$ FOR OUTPUT AS #3
C = 1
DO WHILE C < 918
  INPUT #1, linha$
  C = C + 1
  PRINT #3, linha$
LOOP
CLOSE #1
C = 1
LOCATE 9, 25: PRINT "AGUARDE. PROCESSANDO LINHA:"
FOR I = 1 TO 158
  INPUT #2, UTMX#, UTMY#, COTA#
  LOCATE 10, 40: PRINT C: C = C + 1
  PRINT #3, "CIRCLE"
  PRINT #3, " 8"
  PRINT #3, "GRID"
  PRINT #3, " 10"
  PRINT #3, UTMX#
  PRINT #3, " 20"
  PRINT #3, UTMY# - 6000000
  PRINT #3, " 30"
  PRINT #3, "0.0"
  PRINT #3, " 40"
  PRINT #3, "1.5"
  PRINT #3, " 0"
  PRINT #3, "TEXT"
  PRINT #3, " 8"
  PRINT #3, "GRID"
  PRINT #3, " 10"
  PRINT #3, UTMX# + 2
  PRINT #3, " 20"
  PRINT #3, UTMY# - 6000001.25#
  PRINT #3, " 30"
  PRINT #3, "0.0"
  PRINT #3, " 40"
  PRINT #3, "1.5"
  PRINT #3, " 1"
  IF COTA# < 100 THEN PRINT #3, USING "##.##"; COTA#
  IF COTA# >= 100 THEN PRINT #3, USING "###.##"; COTA#
  PRINT #3, " 0"
NEXT I
PRINT #3, "ENDSEC"
PRINT #3, " 0"
PRINT #3, "EOF"
CLOSE #2, #3
END
```

```

*****
'* ARQUIVO TIRALAT.BAS *
'* PROGRAMA PARA TIRA COORDENADAS GEOGRAFICAS DO ARQ. *
'* ASSUNTO: DISSERTACAO DE MESTRADO *
'* PROGRAMADOR: LUIZ ERNESTO RENUNCIO 03/95 *
*****

CLS
REM
REM LINE (100, 100)-(200, 200), , B
LOCATE 10, 25: PRINT "JA PROCESSADAS: "
LOCATE 11, 25: PRINT "TOTAL DE LINHAS: "
OPEN "c:\surfer\curvas.11" FOR INPUT AS #1
INPUT "Qual o nome do arquivo de saida? ", arqsaida$
OPEN arqsaida$ FOR OUTPUT AS #2
LOCATE 13, 2: PRINT "Quais os limites da area de estudos:"
INPUT "xmax: ", xmax
INPUT "ymax: ", ymax
INPUT "xmin: ", xmin
INPUT "ymin: ", ymin
lat = 1
DO UNTIL lat = 0
  INPUT #1, lat, lon, utmx, utmy, cota
  IF utmx < xmin OR utmx > xmax THEN controle = 1
  IF controle = 1 OR utny < ymin OR utny > ymax THEN GOTO recusado
  PRINT #2, utmx, utny, cota
recusado:
  controle = 0
  contador = contador + 1
LOCATE 10, 40: PRINT contador
LOOP
CLOSE #1, #2
END

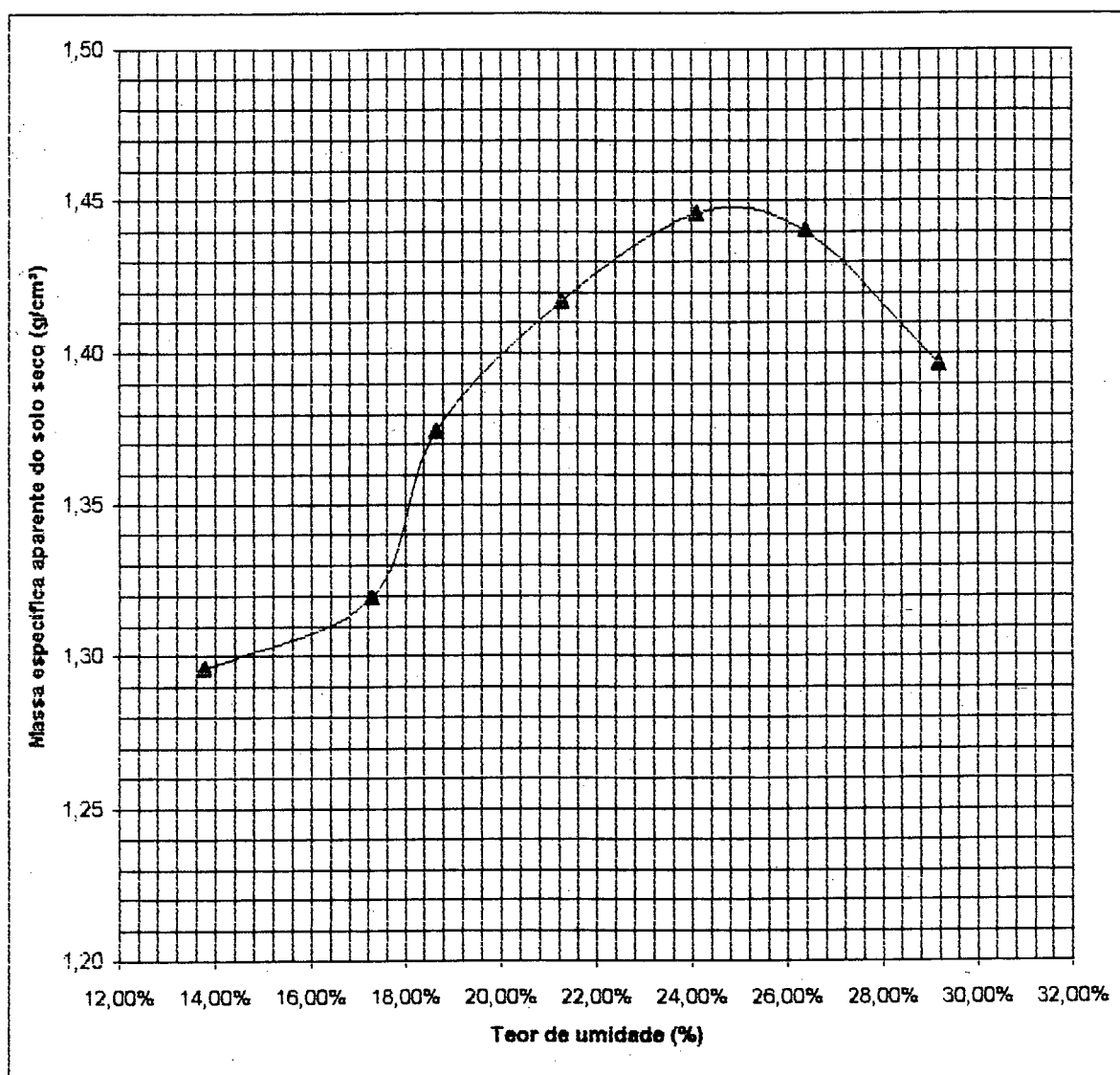
```


Anexo C:
Análises laboratoriais de solos e água



Determinação da Massa Específica Aparente

Determinação	1	2	3	4	5	6	7
Peso da amostra + molde	8542	8695	8868	9051	9209	9264	9229
Peso do molde	5470	5470	5470	5470	5470	5470	5470
Peso da amostra	3072	3225	3398	3581	3739	3794	3759
Volume do molde	2084	2084	2084	2084	2084	2084	2084
M.E.A. do solo úmido UNID	1,47	1,55	1,63	1,72	1,79	1,82	1,80
M.E.A. do solo seco UNID	1,30	1,32	1,37	1,42	1,45	1,44	1,40
Teor de umidade	13,77%	17,28%	18,65%	21,27%	24,09%	26,38%	29,18%



Molde N° 06

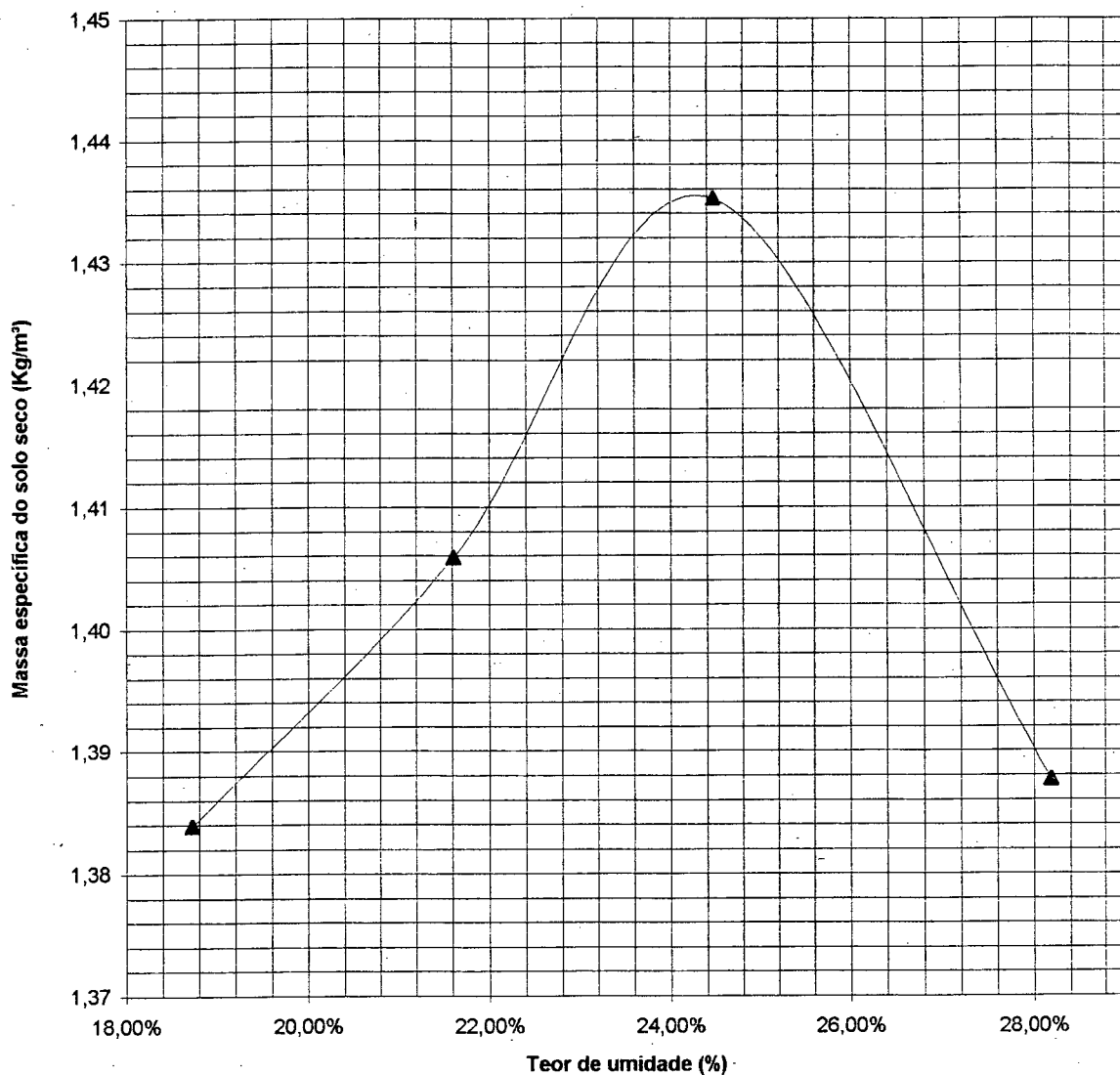
M.E.A. máxima do solo seco : 1,45g/cm³

Umidade ótima : 25,0 %



Determinação da Massa Específica Aparente

Determinação	1	2	3	4	5	6	7
Peso da amostra + molde	8894	9033	9193	9177			
Peso do molde	5470	5470	5470	5470	5470	5470	5470
Peso da amostra	3424	3563	3723	3707			
Volume do molde	2084	2084	2084	2084	2084	2084	2084
M.E.A. do solo úmido	1,64	1,71	1,79	1,78			
M.E.A. do solo seco	1,38	1,41	1,44	1,39			
Teor de umidade	18,72%	21,61%	24,47%	28,19%			



Molde Nº 06

M.E.A.máxima do solo seco : 1,44 g/cm³

Umidade ótima : 24,40 %

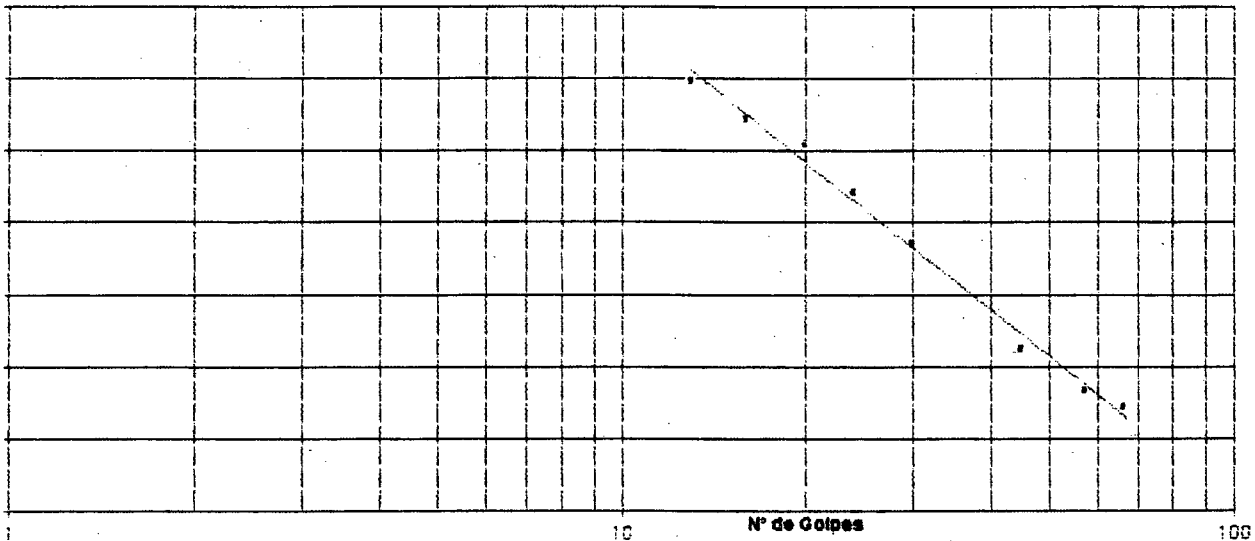
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO**

Departamento de Engenharia Civil
Laboratório de Mecânica dos Solos

Área: _____ Solo: _____ Tipo: _____ Sítio: _____ Local: _____	Cocal do sul PE			Teor de umidade		
	Cápsula	(nº)				
	Cap+S.úmido	(g)				
	Cap+S.seco	(g)				
	Água	(g)				
	Cápsula	(g)				
	Solo seco	(g)				
	Teor de Úmid	(%)				

Limite de Liquidez

Área nº	14	68	9	98	96	79	95	84
+tara+água (g)	13,80	17,81	17,96	17,05	14,76	14,29	15,67	16,78
+tara (g)	12,14	15,00	15,09	14,34	12,55	12,31	13,15	13,88
(g)	1,66	2,81	2,87	2,71	2,21	1,98	2,52	2,90
(g)	7,97	7,95	8,00	8,10	7,62	8,02	7,77	7,83
tara seca (g)	4,27	7,15	7,09	6,24	4,93	4,29	5,38	6,05
golpes	66	57	45	30	24	20	16	13
te de umidade (%)	38,88	39,30	40,48	43,43	44,83	46,15	46,84	47,98



Limite de Plasticidade

Área nº	32	175	91	170	70
+tara+água (g)	9,16	10,42	9,50	9,78	8,72
+tara (g)	8,85	10,00	8,92	9,45	8,44
(g)	7,96	8,76	7,77	8,43	7,61
(g)	0,31	0,42	0,38	0,33	0,28
tara seca (g)	0,89	1,24	1,15	1,02	0,83
te de umidade (%)	34,83	33,87	33,04	32,35	33,73

Limite de Liquidez —> LL : 44,36 (%) **Limite de Plasticidade L** 33,67 (%)

Índice de Plasticidade —> IP 10,79 (%)

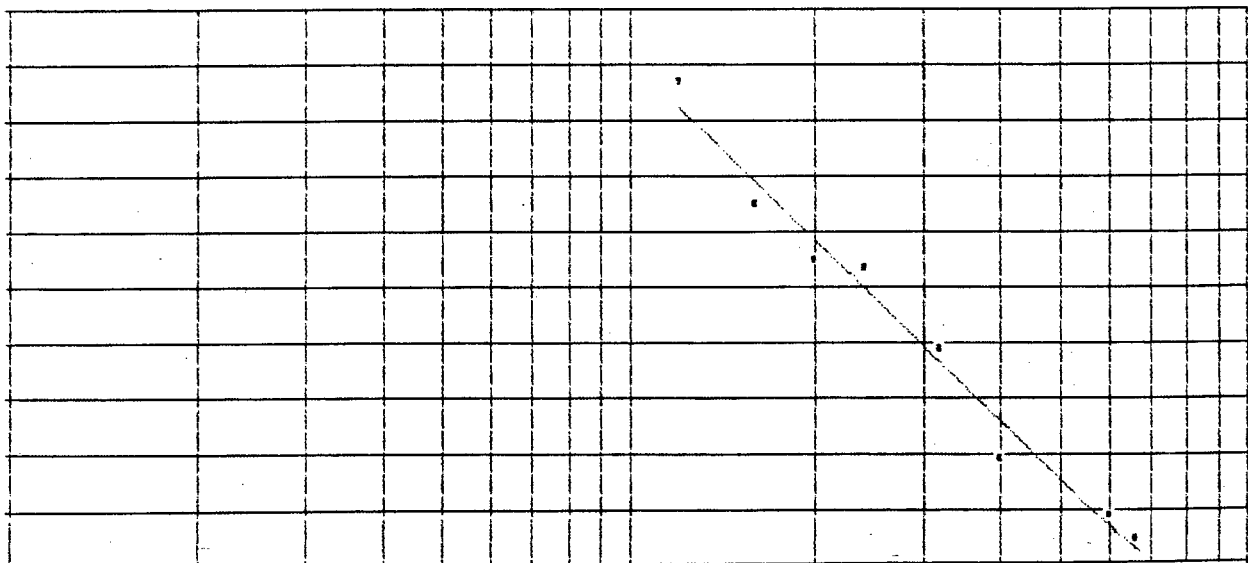
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO**

Departamento de Engenharia Civil
Laboratório de Mecânica dos Solos

nº : solo : tipo : nível : origem :	Cocal do sul C	Teor de umidade	
		Capsula	(nº)
		Cap+S.úmido	(g)
		Cap+S.seco	(g)
		Água	(g)
		Cápsula	(g)
		Solo seco	(g)
		Teor de úmid	(%)

Limite de Liquidez

Amostra nº	97	158	60	44	11	6	180	96
+tara+água (g)	14,44	14,34	17,19	15,81	16,17	15,47	18,40	18,84
+tara (g)	12,63	12,74	14,34	13,63	13,77	13,18	15,52	16,18
(g)	1,81	1,60	2,85	2,18	2,40	2,29	2,88	2,66
(g)	7,66	3,40	7,96	7,98	7,75	7,64	8,58	9,92
tra seca (g)	4,97	4,34	6,38	5,75	6,02	5,54	6,94	6,26
golpes	66	60	12	40	32	24	20	16
de umidade (%)	36,42	36,67	44,67	37,91	39,87	41,34	41,50	42,49



$y = -4,6926\ln(x) + 55,89510$

Nº de Golpes

100

Limite de Plasticidade

Amostra nº	170	32	96	175	91	70
+tara+água (g)	9,91	9,38	8,93	9,90	9,82	8,72
+tara (g)	9,57	9,05	8,62	9,65	9,38	8,49
(g)	3,45	7,97	7,59	8,77	7,78	7,62
(g)	0,34	0,33	0,31	0,25	0,44	0,23
tra seca (g)	1,12	1,08	1,03	0,88	1,60	0,87
de umidade (%)	30,36	30,56	30,10	28,41	27,50	26,44

Limite de Liquidez → LL : 40,79 (%) Limite de Plasticidade L 28,67 (%)

Índice de Plasticidade → IP 12,12 (%)

DENSIDADE REAL DOS GRÃOS DOS SOLOS

Ensaio	Densidade Real	Sondagem n°:	
Interessado		Amostra n°:	
Responsável	ANELISE	Profundidade:	
Amostra de solo:	Cocal	Local:	
		Data :	13/07/95
		Responsável:	MACCARINI

Picnômetro n°	1	9
Peso do picnômetro seco e limpo	141,58	160,22
Peso do picnômetro + solo	201,83	220,69
Peso do picnômetro + solo e água	659,6	682,5
Peso do picnômetro + água	623,8	645,4
Peso do solo úmido	60,25	60,47
Peso do solo seco	2,677	2,749
MÉDIA	cocal do sul C	cocal do sul PE

	AMOSTRA 1	AMOSTRA 2	AMOSTRA 3
CÁPSULA n°	51	17	36
CÁPSULA + SOLOS ÚMIDO (g)	67,18	65,77	79,38
CÁPSULA + SOLO SECO (g)	64,53	63,88	77,13
CÁPSULA (g)	15,69	12,56	16,41
TEOR DE UMIDADE h	5,43%	3,68%	3,71%
UMIDADE MÉDIA	cocal do sul C	3,69%	cocal do sul PE



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
 LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS
ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

BRA. AMOSTRA Nº **COCAL DO SUL - 0,7 m** C
 ORDEM DA AMOSTRA LABORATORISTA **LUCIANO**
 DATA 16/08/95
 CHEFE LABORATÓRIO

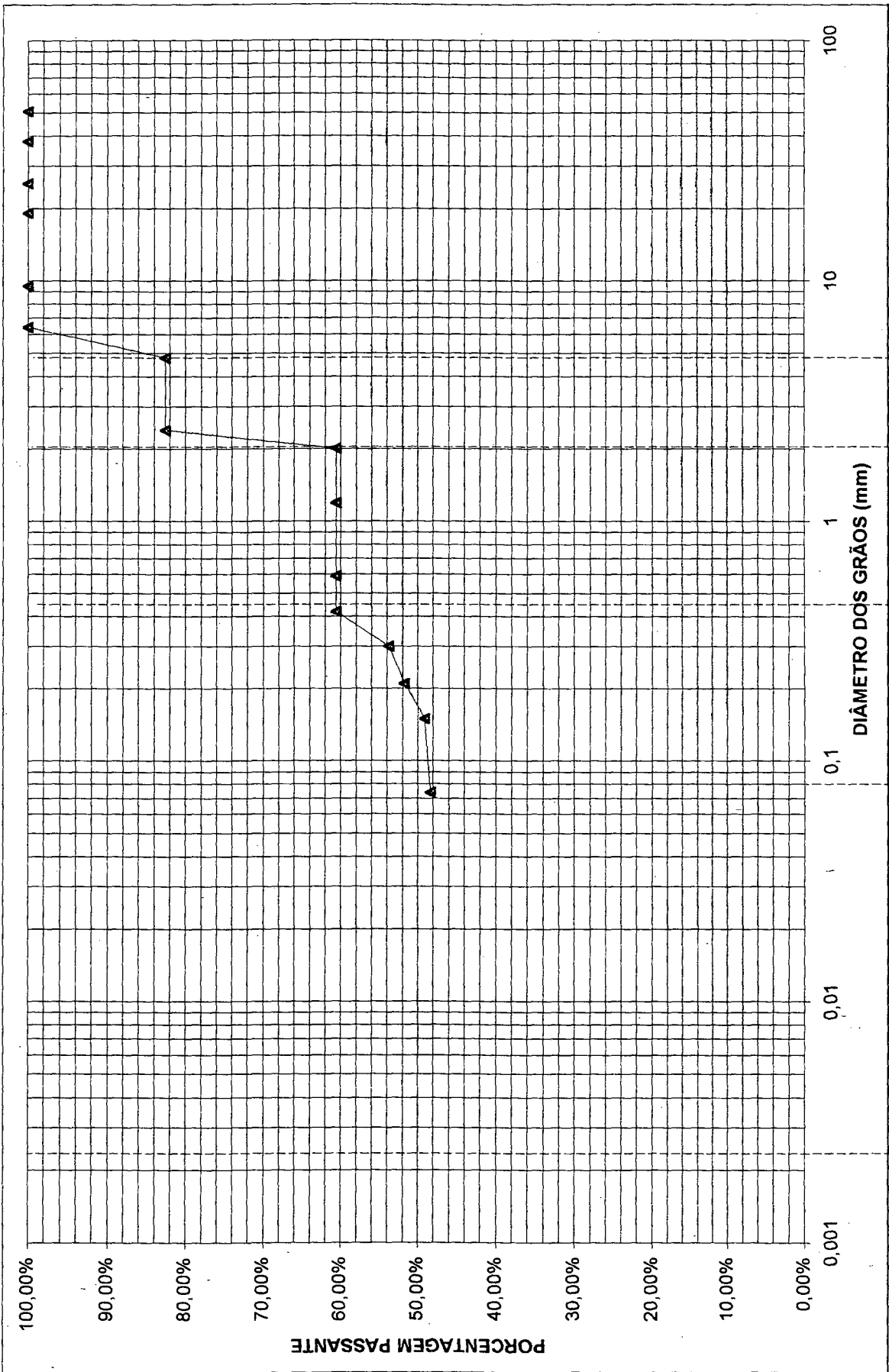
UMIDADE HIGROSCÓPICA

AMOSTRA 1 AMOSTRA 2 AMOSTRA 3

CÁPSULA nº AMOSTRA ÚMIDA 826,3
 CÁPSULA + SOLOS ÚMIDO (g) Ps RETIDO #10 315,8
 CÁPSULA + SOLO SECO (g) PASSANTE #10 ÚMIDA 510,5
 ÁGUA PASSANTE #10 SECA 486,19
 CÁPSULA (g) PESO DA ÁGUA 24,31
 SOLO SECO AMOSTRA TOTAL SECA 801,99
 TEOR DE UMIDADE h
 UMIDADE MÉDIA 5,00% Pt(Cápsula) 801,99

PENEIRAS	Nº	mm	PESO PEN. (g)	PE + MATE (g)	MAT. RET. (g)	PORCENTAGEM RETIDA		PORCENTAGEM PAS.	
						AMOS. PAR	AMOS.T.O.	AMOS. PAR.	AMOS.T.O.
	3"	76,2	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	100,00%
	2"	50,8	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	100,00%
	1,5"	38,1	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	100,00%
	1"	25,4	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	100,00%
	3/4"	19,1	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	100,00%
	3/8"	9,5	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	100,00%
	1/4"	6,4	0	139,6	139,6	17,41%	17,41%	82,59%	82,59%
	4	4,8	0	176,2	176,2	21,97%	39,38%	60,62%	60,62%
	8	2,4	0	0	0	0,00%	0,00%	100,00%	100,00%
	10	2	0	0	0	0,00%	0,00%	100,00%	100,00%
	16	1,19	0	0	0	0,00%	0,00%	100,00%	100,00%
	30	0,59	0	209,8	0,13	0,02%	0,02%	99,98%	60,61%
	40	0,42	0	0	0	0,00%	0,00%	99,98%	60,61%
	50	0,3	0	86,6	86,6	11,34%	11,36%	88,64%	53,74%
	70	0,21	0	48,4	25,53	3,34%	14,70%	85,30%	51,71%
	100	0,15	0	27,6	32,7	4,28%	18,98%	81,02%	49,12%
	200	0,074	0	43,1	9,48	1,24%	20,22%	79,78%	48,37%

P E N E I R A M E N T O



ARGIL		SILTE		A. FINA		A. MÉDIA		A. GROS.		PEDREGULHO	
	48,37%			12,25%	0,01%	21,97%				17,41%	



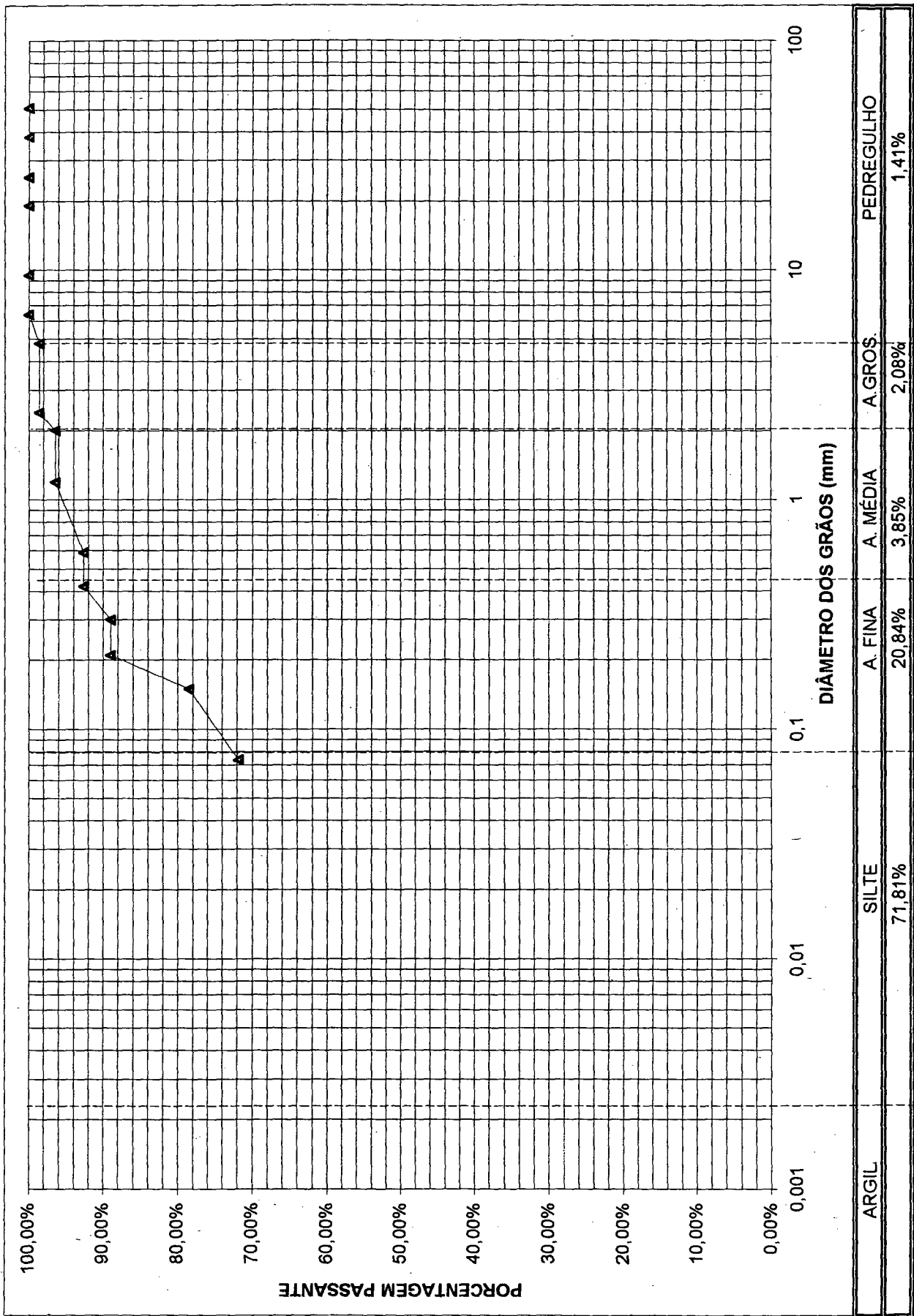
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
 LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS
ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

BRA AMOSTRA Nº **COCAL DO SUL - 1,00m** PE
 ORDEM DA AMOSTRA LABORATORISTA **LUCIANO** DATA 16/08/95
 CHEFE LABORATÓRIO

UMIDADE HIGROSCÓPICA

AMOSTRA 1	AMOSTRA 2	AMOSTRA 3
CÁPSULA nº		AMOSTRA TOTAL SECA (g)
CÁPSULA + SOLOS ÚMIDO (g)		AMOSTRA ÚMIDA 1089,5
CÁPSULA + SOLO SECO (g)		Ps RETIDO #10 36,36
ÁGUA		PASSANTE #10 ÚMIDA 1053,14
CÁPSULA (g)		PASSANTE #10 SECA 1.002,99
SOLO SECO		PESO DA ÁGUA 50,15
TEOR DE UMIDADE h		AMOSTRA TOTAL SECA 1.039,35
UMIDADE MÉDIA	5,00%	Ph(Cápsula) 1039,35

	PENEIRAS		PESO PEN. (g)	PE + MATE (g)	MAT. RET. (g)	PORCENTAGEM RETIDA		ACUMUL.	PORCENTAGEM PAS.	
	Nº	mm				AMOS. PAR	AMOS. TO.		AMOS. PAR	AMOS. TO.
T O T A L	3"	76,2	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	100,00%
	2"	50,8	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	100,00%
	1,5"	38,1	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	100,00%
	1"	25,4	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	100,00%
	3/4"	19,1	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	100,00%
	3/8"	9,5	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	100,00%
	1/4"	6,4	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	100,00%
	4	4,8	0	0	14,7	1,41%	1,41%	1,41%	98,59%	98,59%
	8	2,4	0	0	0	0,00%	0,00%	1,41%	98,59%	98,59%
	10	2	0	0	21,66	2,08%	2,08%	3,50%	96,50%	96,50%
A M O S T R A T O T A L	16	1,19	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	100,00%
	30	0,59	0	0	39,54	3,99%	3,99%	3,99%	96,01%	92,65%
	40	0,42	0	0	0	0,00%	0,00%	3,99%	96,01%	92,65%
	50	0,3	0	0	37,24	3,76%	3,76%	7,76%	92,24%	89,02%
	70	0,21	0	0	0	0,00%	0,00%	7,76%	92,24%	89,02%
	100	0,15	0	0	108,26	10,94%	10,94%	18,69%	81,31%	78,46%
A R C I M E T R O	200	0,074	0	0	68,24	6,89%	25,59%	25,59%	74,41%	71,81%



ARGIL	SILTE	A. FINA	A. MÉDIA	A. GROS.	PEDREGULHO
	71,81%	20,84%	3,85%	2,08%	1,41%



Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto



FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE

COCAL DO SUL

Água para Exame Bacteriológico coletada na Barragem do Sar
Coletor = Neri

EXAME BACTERIOLÓGICO

Análise n° 06/96

Entrada 20 / 06 19 95

Endereço: Samae de Cocal do Sul

Chuvam nas 24 hs.
Não

Procedência da Amostra : Bruta

— Bruta

BACTÉRIAS POR MIL		1	2	3	4	5	6
°C	24 hs.	15					
	48 hs.	23					

COLIFORMES TOTAL		1	2	3	4	5	6
MP/100 ml	24 hs.	1600					
	48 hs.	1600					

TESTES		1	2	3	4	5	6
Presuntivo	Positivo						
	Negativo						
Confirmativo	Positivo						
	Negativo						
Completo							

Obs.:

NERI JOSÉ GOULART
Operador de ETA

Visto

Director

TESTE PRESUNTIVO

MEIO DE CULTUR.	TEMPO DE INCUBAÇ.	N°	Quantidade em ML					Quantidade em ML					Quantidade em MI			
			10	10	10	10	10	1	1	1	1	1	0.1	0.1	0.1	0.1
	24 h.	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	
	48 h.		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	

VB 24hs

+ -

CALDO LACTOSADO

24 h.	2															
48 h.																

24 h.	3															
48 h.																

24 h.	4															
48 h.																

24 h.	5															
48 h.																

24 h.	6															
48 h.																

TESTE CONFIRMATIVO

	1	2	3	4	5	6
24 h.	+					

V.

B.

Obs.:



Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE
COCAL DO SUL



EXAME BACTERIOLÓGICO

Análise n: 01/95

Entrada 14 / 06 19 95

Interessado: Luiz Ernesto Rgnuncio
F.2319598 (UFSC)

Chuvas: nas 24 h.
S₁m

Procedência da Amostra

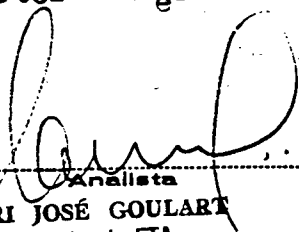
- Ramal Açude
- Pasto Gabriel
- Pasto Gabriel
-
-
-

ATÉRIAS POR MIL		1	2	3	4	5	6
5°C	24 hs.	15	13	20			
	48 hs.	18	20	24			

COLIFORMES TOTAL		1	2	3	4	5	6
MP/100 ml	24 hs.	+1600	+1600	1600			
	48 hs.	+1600	+1600	1600			

TESTES		1	2	3	4	5	6
Presuntivo	Positivo	Positivo	Positivo				
Confirmativo	Positivo	Positivo	Positivo				
Completo							

Obs.: Hora Coleta = 16:30hs
Côletor - Neri


Analista

NERI JOSÉ GOULART
Operador de ETA

Visto _____
Diretor

TESTE PRESUNTIVO

MEIO DE CULTUR.	TEMPO DE INCUBAC.	N°	Quantidade em ML					Quantidade em ML					Quantidade em ML					
			10	10	10	10	10	1	1	1	1	1	0.1	0.1	0.1	0.1		
	24 h.	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
	48 h.		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
VB24hs																		
	24 h.	2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
	48 h.		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
VB24H _s																		
	24 h.	3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+		
	48 h.		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+		
VB 24hs																		
	24 h.	4																
	48 h.																	
	24 h.	5																
	48 h.																	
	24 h.	6																
	48 h.																	

CALDO LACTOSADO

TESTE CONFIRMATIVO

	1	2	3	4	5	6
24 h.	+	+	+			

V.
B.

Obs.:



TRABALHO DE ROTINA DA ESTAÇÃO

1 ÁGUA BRUTA

Temperatura: Água e Ar
 Alcalinidade ao Alaranjado de Metila
 Gás Carbônico Livre
 Cor
 p H
 Turbidez
 Oxigênio dissolvido (só às 4^{as} feiras)

°C
 Mg-1
 Mg-1

2 ÁGUA COAGULADA

p H
 Alumínio residual
 Turbidez
 Alcalinidade ao Alaranjado de Metila

Mg-1
 Ntu
 Mg-1

3 ÁGUA DECANTADA Última hora

Côr
 Turbidez
 p H

Ntu

4 AMOSTRA MÉDIA DIÁRIA - Bruta e Tratada

(colher de hora em hora amost. água bruta e trat.)

Côr - bruta e tratada
 Turbidez - bruta e tratada
 Oxig. Cons. em Meio Ácido - bruta e tratada
 Dureza Total - bruta e tratada
 Ferro Total - bruta e tratada (só às 4^{as} feiras)
 Cloretos - bruta e tratada (só às 4^{as} feiras)

Ntu
 Mg-1
 Mg-1
 Mg-1
 Mg-1

5 ÁGUA FILTRADA

Temperatura: Água e Ar
 Côr
 Turbidez
 Alumínio Residual
 p H
 Fluor S/D
 Fluor C/D
 Gás Carbônico Livre
 Oxigênio Cons. em Meio Ácido
 Oxigênio Dissolvido

°C
 Ntu
 Mg-1
 Mg-1
 Mg-1
 Mg-1
 Mg-1

6 ÁGUA TRATADA CLORADA

p H
 Cloro Residual
 Turbidez
 Alcalinidade a Fenolftaleína
 Alcalinidade ao Alaranjado de Metila
 Gás Carbônico Livre
 Oxigênio Dissolvido

Mg-1
 Ntu
 Mg-1
 Mg-1
 Mg-1
 Mg-1

Dosagem ótima de sulfato

Dosagem de cal

Dosagem de cloro

Dosagem de fluor



SERVIÇO AUTÔNOMO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE

COCAL DO SUL

SANTA CATARINA

TRABALHO DE ROTINA DA ESTAÇÃO

EXAME FÍSICO-QUÍMICO

1 ÁGUA BRUTA

Temperatura: Água e Ar	°C	15					
Alcalinidade ao Alaranjado de Metila	Mg-1	12					
Gás Carbônico Livre	Mg-1	9,0					
Cor		20					
p H		6,7					
Turbidez	Ntu	4,3					
Oxigênio dissolvido (só às 4 ^{as} feiras)	Mg-1	11					

2 ÁGUA COAGULADA

p H		-					
Alumínio residual	Mg-1	-					
Turbidez	Ntu	-					
Alcalinidade ao Alaranjado de Metila	Mg-1	-					

3 ÁGUA DECANTADA Última hora

Cor		-					
Turbidez	Ntu	-					
p H		-					

4 AMOSTRA MÉDIA DIÁRIA - Bruta e Tratada

(colher de hora em hora amost. água bruta e trat.)

Côr - bruta e tratada		-					
Turbidez - bruta e tratada	Ntu	-					
Oxig. Cons. em Meio Ácido - bruta xxxxxxx	Mg-1	1,2					
Dureza Total - bruta xxxxxxx	Mg-1	28					
Ferro Total - bruta e tratada (só às 4 ^{as} feiras)	Mg-1	0,6					
Cloretos - bruta e tratada (só às 4 ^{as} feiras)	Mg-1	4,3					

5 ÁGUA FILTRADA

Temperatura: Água e Ar	°C	-					
Cor		-					
Turbidez	Ntu	-					
Alumínio Residual Água Bruta.....	Mg-1	0					
p H		-					
Fluor S/D	Mg-1	0,4					
Fluor C/D	Mg-1	-					
Gás Carbônico Livre	Mg-1	-					
Oxigênio Cons. em Meio Ácido	Mg-1	-					
Oxigênio Dissolvido	Mg-1	-					

6 ÁGUA TRATADA CLORADA

p H		-					
Cloro Residual	Mg-1	-					
Turbidez	Ntu	-					
Alcalinidade a Fenolftaleína	Mg-1	-					
Alcalinidade ao Alaranjado de Metila	Mg-1	-					
Gás Carbônico Livre	Mg-1	-					
Oxigênio Dissolvido	Mg-1	-					

Dosagem ótima de sulfato

Dosagem de cal

Dosagem de cloro

Dosagem de fluor

24 / 06 / 95

[Handwritten Signature]

Visto:

OPERADOR

DIRETOR



SERVIÇO AUTÔNOMO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE

COCAL DO SUL

SANTA CATARINA

TRABALHO DE ROTINA DA ESTAÇÃO

EXAME FÍSICO-QUÍMICO

1 ÁGUA BRUTA

Temperatura: Água e Ar °C
 Alcalinidade ao Alaranjado de Metila Mg-1
 Gás Carbônico Livre Mg-1
 Cor
 p H
 Turbidez Ntu
 Oxigênio dissolvido (só às 4^{as} feiras) Mg-1

15					
12					
9,0					
20					
6,7					
4,3					
II					

2 ÁGUA COAGULADA

p H
 Alumínio residual Mg-1
 Turbidez Ntu
 Alcalinidade ao Alaranjado de Metila Mg-1

-					
-					
-					
-					

3 ÁGUA DECANTADA Última hora

Côr
 Turbidez Ntu
 p H

-					
-					
-					

4 AMOSTRA MÉDIA DIÁRIA - Bruta e Tratada

(colher de hora em hora amost. água bruta e trat.)

Côr - bruta e tratada
 Turbidez - bruta e tratada Ntu
 Oxig. Cons. em Meio Ácido - bruta e tratada Mg-1
 Dureza Total - bruta e tratada Mg-1
 Ferro Total - bruta e tratada (só às 4^{as} feiras) Mg-1
 Cloretos - bruta e tratada (só às 4^{as} feiras) Mg-1

-					
1,2					
28					
0,6					
4,3					

5 ÁGUA FILTRADA

Temperatura: Água e Ar °C
 Côr
 Turbidez Ntu
 Alumínio Residual Água Bruta..... Mg-1
 p H
 Fluor S/D Mg-1
 Fluor C/D Mg-1
 Gás Carbônico Livre Mg-1
 Oxigênio Cons. em Meio Ácido Mg-1
 Oxigênio Dissolvido Mg-1

-					
-					
0					
0,4					
-					
-					
-					

6 ÁGUA TRATADA CLORADA

p H
 Cloro Residual Mg-1
 Turbidez Ntu
 Alcalinidade a Fenolftaleína Mg-1
 Alcalinidade ao Alaranjado de Metila Mg-1
 Gás Carbônico Livre Mg-1
 Oxigênio Dissolvido Mg-1

-					
-					
-					
-					
-					
-					

Dosagem ótima de sulfato

Dosagem de cal

Dosagem de cloro

Dosagem de fluor

24 / 06 / 95

Luiz
 OPERADOR

Visto: _____
 DIRETOR

Anexo D:

Planilha com os dados de precipitação mensal

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUARIA E DIFUSAO DE TECNOLOGIA DE SC
 ESTACAO AGROMETEOROLOGICA DE URUSSANGA

DADOS: INEMET/EMPASC

Latitude: 28 31' Longitude: 49 19' Altitude da Estacao: 48.17 m

ano	janeiro	fevereiro	marco	abril	maio	junho	julho	agosto	setembr	outubro	novembro	dezembr
1924	119.40	88.80	502.70	139.60	79.60	37.20	121.50	73.00	131.50	65.40	147.00	130.40
1925	320.30	119.00	166.50	127.70	136.50	83.70	22.30	99.50	60.50	147.40	230.40	217.90
1926	312.20	71.70	91.00	215.40	153.00	91.50	218.00	29.50	253.90	74.90	104.60	51.20
1927	185.30	128.80	210.70	156.90	94.00	172.10	16.60	146.30	48.80	158.60	129.20	170.50
1928	144.20	172.30	233.70	163.40	264.70	199.00	82.30	342.60	181.10	159.90	65.50	134.70
1929	411.00	74.20	126.30	48.50	69.50	106.60	91.90	145.30	120.50	189.50	67.10	74.90
1930	389.60	392.40	53.80	44.00	79.20	94.60	47.40	133.10	62.80	149.40	183.20	110.80
1931	166.60	49.60	286.90	130.10	95.60	123.20	198.30	63.00	133.30	46.30	77.70	158.30
1932	223.40	359.30	72.00	122.20	148.80	54.00	66.20	78.90	209.70	202.10	98.50	214.20
1933	143.50	255.20	148.50	95.40	72.90	79.20	99.50	102.10	118.00	143.70	116.30	134.50
1934	278.30	316.90	87.10	148.80	59.60	95.10	93.30	59.00	157.80	63.30	92.30	118.30
1935	116.80	155.40	97.20	61.40	54.30	76.20	79.70	93.30	143.90	98.70	93.00	197.20
1936	246.40	140.90	130.00	47.20	103.70	131.90	100.40	179.00	119.50	171.10	142.60	59.00
1937	204.10	179.30	158.20	198.10	75.00	71.50	49.20	253.20	141.40	171.30	233.80	82.00
1938	227.30	108.70	122.50	118.60	97.00	139.90	69.60	61.90	66.90	95.30	108.40	76.20
1939	104.70	239.70	247.00	101.60	146.80	69.20	16.40	120.00	218.40	59.90	254.70	173.20
1940	213.70	186.10	44.20	46.50	90.10	30.50	30.40	252.60	70.90	287.60	85.30	255.10
1941	174.20	134.00	154.10	131.90	157.70	99.90	84.60	52.40	81.70	59.40	146.20	102.50
1942	61.20	148.10	285.20	139.40	62.30	15.80	61.10	43.00	145.90	77.80	57.90	58.60
1943	185.10	78.30	77.60	19.10	88.90	128.20	93.90	98.90	86.70	114.50	53.10	58.00
1944	447.80	127.90	139.90	98.40	13.20	149.60	42.10	60.70	60.70	61.20	155.90	59.30
1945	74.10	177.60	114.00	51.10	34.30	60.90	71.50	27.10	110.80	83.30	79.00	74.50
1946	220.70	324.50	153.30	31.80	77.20	137.30	121.40	81.00	17.10	93.80	35.90	103.10
1947	155.70	232.20	113.70	63.00	103.70	65.90	70.00	83.60	157.80	93.20	147.80	172.80
1948						12.50	120.90	92.00	67.90	98.80	59.40	7.60
1949	228.00	70.30	231.50	116.10	28.60	95.70	82.20	74.40	139.70	101.80	59.00	150.00
1950	184.80	246.90	205.90	155.40	93.20	33.60	27.00	54.90	82.40	118.70	167.20	140.20
1951	306.00	337.90	72.50	135.90	16.70	35.00	19.10		128.30	170.10	84.80	146.90
1952	207.80	100.40	104.90	29.00	81.20	175.10	53.50	49.90	58.00	187.60	146.30	146.90
1953	110.80	223.60	123.00	78.80	80.00	21.70	71.60	73.70	127.80	189.20	159.30	231.40
1954	225.00	179.40	188.70	270.50	62.80	116.70	169.10	102.80	274.80	131.10	41.70	87.50
1955	82.20	225.80	152.30	204.00	115.40	21.20	84.80	42.30	62.20	43.80	65.20	109.90
1956	186.20	123.60	126.90	65.90	58.00	77.40	32.00	71.10	112.50	133.10	27.70	52.60
1957	121.50	128.60	175.40	178.70	74.60	46.90	83.00	143.90	137.10	160.60	110.80	108.10
1958	165.00	147.30	203.70	48.20	113.30	148.20	24.40	91.40	93.30	116.60	196.10	159.70
1959	207.40	159.40	69.00	107.20	90.00	60.20	23.30	109.70	187.40	51.30	24.90	73.60
1960	179.50	277.30	262.60	62.60	37.00	67.50	47.40	181.70	93.40	139.40	86.70	51.10
1961	150.80	183.70	285.00	88.70	56.90	114.50	110.00	37.20	295.80	146.70	236.50	172.30
1962	155.50	122.00	146.40	91.30	65.80	39.50	126.60	62.60	187.90	65.60	89.00	70.80
1963	292.50	170.90	319.60	17.00	44.10	30.00	111.80	195.10	222.30	190.00	128.00	61.30
1964	78.40	145.40	167.70	116.90	42.50	73.40	80.30	59.30	156.10	161.30	51.10	140.70
1965	114.30	141.20	171.10	100.50	105.50	38.50	53.00	458.30	209.10	90.90	141.60	152.10
1966	299.10	367.80	176.70	201.70	41.10	75.40	70.10	80.40	112.00	132.10	89.70	161.00
1967	185.70	350.90	98.90	68.20	34.80	66.90	78.90	82.60	278.10	80.50	106.90	67.90
1968	141.00	58.80	114.30	41.00	14.40	57.10	45.50	29.80	219.90	122.60	101.70	262.90
1969	199.80	214.80	94.50	125.00	93.60	81.20	74.00	119.40	94.20	94.00	212.20	17.40
1970	98.00	130.80	264.00	72.30	106.40	93.50	105.10	99.40	73.70	119.90	38.30	
1971	254.40	388.00	203.70	97.70	99.60	99.60	74.20	157.80	61.90		17.60	34.30
1972	265.40	365.90	213.80	122.20	26.70	143.70	105.40	146.20	150.40	140.30		89.40
1973	256.90	290.40	107.90	80.20	97.30	96.90	185.00		115.00	100.90	116.10	107.60
1974	44.80	359.70		64.00	106.20	108.90	99.10	33.80	40.90	62.40	123.40	104.90
1975	109.50	112.70	122.30	88.40		61.00	48.60	168.20	165.60	205.50	140.60	233.70
1976	281.80	98.80	202.90	14.30	317.80	77.00	77.40	148.00	98.70	89.50	178.70	202.10
1977	256.00	200.00	238.50	60.00	47.30	46.20	91.80	382.80	95.90	147.40	120.30	151.80
1978	256.30	151.00	138.80	15.00	30.70	21.10	58.20	77.30	125.60	135.60	147.00	189.00
1979	38.90	224.90	156.20	88.30	113.70	29.40	69.00	59.90	86.90	120.70	188.30	291.20
1980	204.40	209.20	217.00	80.80	94.20	48.10	157.50	145.10		131.30	64.50	325.50
1981	128.20	135.50	144.60	169.20	141.50	159.80	157.80	54.60	30.50	28.10	115.80	115.40
1982	71.60	190.40	250.10	81.40	69.90	123.90	70.40	83.10	52.30	235.50	162.00	191.20
1983	320.80	182.60	194.80	176.30	172.00	168.10	451.10	268.40	57.50	77.10	224.50	318.60
1984	293.70	97.40	206.70	147.10	78.10	107.30	116.10	143.70	125.10	98.80	165.20	207.30
1985	88.80	502.70	139.60	79.60	37.20	121.50	73.00	131.50	65.40	147.00	130.40	110.20
1986	119.00	166.50	127.70	136.50	83.70	22.30	99.50	60.50	147.40	230.40	217.90	157.10
1987	234.30	266.80	91.60	135.40	235.60	118.30	171.70	243.00	77.20	302.60	118.40	116.00
1988	240.20	108.00	124.60	154.00	58.50	88.00	30.30	15.10	187.70	120.10	79.50	126.70
1989	292.40	156.80	131.80	149.80	140.20	55.40		74.50	254.00	59.70	57.80	121.80
1990	177.20	249.00	77.80	157.20	110.70	83.90	78.40	63.50	142.60	226.20	186.20	228.60
1991	155.40	101.80	68.90	120.10	19.10	89.10	43.60	68.90	46.90	135.00	243.60	220.50
1992	115.00	215.10	144.60	31.70	261.70	48.00	112.20	119.40	116.90	65.30	109.50	58.60
1993	333.00	220.00	152.60	103.10	63.40	39.90	219.80	24.90	207.40	127.50	82.20	302.80
1994	94.50	335.60	201.20	57.80	411.60	79.20	116.70	29.90	27.20	130.30	110.00	130.20
1995	361.60	259.70	117.40	47.70								
TOTAL	14019	13956.2	11345.8	7332.8	6630.2	5931.3	6348	7691	8789.5	8830.6	8516.4	9604.2
# REG	71	71	70	71	69	71	70	69	70	70	71	69
MEDIA	197.45	196.57	162.08	103.28	96.09	83.54	90.69	111.46	125.56	126.15	119.95	139.19
STD	89.70	95.92	74.68	53.72	69.25	43.32	63.34	83.33	64.67	55.89	57.88	72.27

Anexo E:

Portaria nº 36 de 19/01/90, do Ministério da Saúde

que apresentarem, sucessivamente, no local, contagens bacteriológicas mais elevadas.

Art. 33 - As praias e outros balneário deverão ser interditados se o órgão de controle ambiental, em qualquer dos seus níveis (Municipal, Estadual ou Federal), constatar que a má qualidade das águas de recreação primária justifica a medida.

Art. 34 - Sem prejuízo do disposto no artigo anterior, sempre que houver uma afluência ou extravasamento de esgotos capaz de oferecer sério perigo em praias ou outros balneários, o trecho afetado deverá ser sinalizado, pela entidade responsável, com bandeiras vermelhas constando a palavra POLUÍDA em cor negra.

DISPOSIÇÕES GERAIS

Art. 35 - Aos órgãos de controle ambiental compete a aplicação desta Resolução, cabendo-lhes a fiscalização para o cumprimento da legislação, bem como a aplicação das penalidades previstas, inclusive a interdição de atividades industriais poluidoras.

Art. 36 - Na inexistência de entidade estadual encarregada do controle ambiental ou se, existindo, apresentar falhas, omissões ou prejuízos sensíveis aos usos estabelecidos para as águas, a Secretaria Especial do Meio Ambiente poderá agir diretamente, em caráter supletivo.

Art. 37 - Os órgãos estaduais de controle ambiental manterão a Secretaria Especial do Meio Ambiente informado sobre os enquadramentos dos corpos de água que eletuarem, bem como das normas e padrões complementares que estabelecerem.

Art. 38 - Os estabelecimentos industriais, que causam ou possam causar poluição das águas, devem informar ao órgão de controle ambiental, o volume e o tipo de seus efluentes, os equipamentos e dispositivos antipoluidores existentes, bem como seus planos de ação de emergência, sob pena das sanções cabíveis, ficando o referido órgão obrigado a enviar cópia dessas informações à SEMA, à STI (MIC), ao IBGE (SEPLAN) e ao DNAEE (MME).

Art. 39 - Os Estados, Territórios e o Distrito Federal, através dos respectivos órgãos de controle ambiental, deverão exercer sua atividade orientadora, fiscalizadora e punitiva das atividades potencialmente poluidoras instaladas em seu território, ainda que os corpos de água prejudicados não sejam de seu domínio ou jurisdição.

Art. 40 - O não cumprimento ao disposto nesta Resolução acarretará aos

Art. 41 - Esta Resolução entrará em vigor na data de sua publicação, revogadas as disposições em contrário.

DENILINEU SCHWARTZ

Neuws p/ Saúde → **AGUA** B. Kavel

- Aprova normas e padrão de potabilidade da água destinada ao consumo humano.

MINISTÉRIOS DA SAÚDE GABINETE DO MINISTRO

Portaria N. 36 - DE 19 DE JANEIRO DE 1990

O Ministro de Estado da Saúde, no uso das atribuições que lhe confere o artigo 2º do Decreto n. 79.367(1), de 9 de março de 1977, resolve:

1. Aprovar na forma do Anexo a esta Portaria, normas e o padrão de potabilidade da água destinada ao consumo humano, a serem observados em todo o Território Nacional.
2. O Ministério da Saúde, em articulação com as autoridades sanitárias competentes dos Estados e do Distrito Federal exercerá a fiscalização e o controle do exato cumprimento das normas e do padrão aprovados por esta Portaria.
3. O Ministério da Saúde promoverá a revisão das normas e do padrão aprovados por esta Portaria, a cada 5 (cinco) anos ou, a qualquer tempo, mediante solicitação justificada dos órgãos de saúde ou de instituições de pesquisa de reconhecida confiabilidade.
4. Para os efeitos desta Portaria, são adotadas as seguintes definições:

4.1 - Água Potável: aquela com qualidade adequada ao consumo humano.

4.2 - Grupo Coliformes: todos os bacilos gram-negativo, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos, capazes de crescer na presença de sais biliares ou outros compostos ativos de superfície (sulfatantes) com propriedades similares de inibição de crescimento e que fermentam a lactose com produção de aldeído, ácido e gás a 35º C (trinta e cinco graus Celsius), em 24-48 (vinte e quatro - quarenta e oito) horas. Quanto às técnicas de detecção, considera-se do Grupo Coliformes aqueles organismos que na técnica dos tubos múltiplos (ensaios presuntivo e confirmatório) fermentam a lactose, com produção de gás, a 35º C (trinta e cinco graus Celsius); no

- 4.3 - Coliformes Fecais ou Coliformes Termotolerantes: são as bactérias do grupo coliformes que apresentam as características do grupo, porém à temperatura de incubação de 44,5° C (quarenta e quatro e meio graus Celsius), mais ou menos 0,2 (dois décimos) por 24 (vinte e quatro) horas.
 - 4.4 - Contagem de bactérias heterotróficas ("pour Plate Method"): contagem de Unidades Formadoras de Colônias - UFC, obtida por semeadura, em placa, de 1 ml de amostra e de suas diluições (de modo a permitir a contagem mínima estabelecida no padrão bacteriológico, por incorporação em ágar-padrão - "Plate Count Agar" - para contagem), com incubação a 35° C (trinta e cinco graus Celsius) mais ou menos 0,5 (cinco décimos) por 48 (quarenta e oito) horas.
 - 4.5 - Teste de Presença/Ausência (P/A): teste qualitativo da avaliação de presença ou ausência de bactérias do grupo coliformes em 100 ml de água.
 - 4.6 - Controle da Qualidade de Água de Abastecimento Público: conjunto de atividades executadas pelo Serviço de Abastecimento Público de Água, com o objetivo de obter e manter a potabilidade da água.
 - 4.7 - Vigilância da Qualidade de Água de Abastecimento Público: conjunto de atividades de responsabilidade da autoridade sanitária estadual competente, com a finalidade de avaliar a qualidade da água distribuída e de exigir a tomada de medidas necessárias, no caso da água não atender ao padrão de potabilidade.
 - 4.8 - padrão de Potabilidade: conjunto de valores máximos permissíveis, das características de qualidade da água destinada ao consumo humano.
 - 4.9 - Serviço de Abastecimento Público de Água - SAA: conjunto de atividades, instalações e equipamentos destinados a fornecer água potável a uma comunidade.
 - 4.10 - Sistema de Abastecimento Público de Água: parte física do Serviço de Abastecimento Público de Água, constituído de instalações e equipamentos destinados a fornecer água potável a uma comunidade.
 - 4.11 - Valor Máximo Permissível - VMP valor de qualquer característica da qualidade da água, acima do qual ela é considerada não potável.
5. Sempre que forem verificadas alterações em relação ao padrão da água para consumo humano, o Serviço de Abastecimento Público de Água e os órgãos de vigilância deverão estabelecer entendimentos para a elaboração de um plano de ação e a tomada das medidas cabíveis, sem prejuízo das providências imediatas para a correção da anomalia.

7. As autoridades sanitárias competentes dos Estados e do Distrito Federal, tendo em vista as condições locais, poderão estabelecer condições mais restritivas, bem como dispensar os Serviços de Abastecimento Público de Água da realização de determinada(s) análise(s) específica(s), uma vez verificada, por registros históricos e avaliações sanitárias, a inexistência do(s) componente(s) químico(s) em questão.
8. O padrão aprovado por esta Portaria constitui o limite máximo para cada elemento de substância química, não estando considerados eventuais efeitos sinérgicos entre eles e outros elementos ou substâncias. Verificados tais efeitos, comprovadamente prejudiciais à saúde, os limites estabelecidos deverão ser reavaliados.
9. Diante de condições específicas locais o Serviço de Abastecimento Público de Água deverá aumentar a frequência e o número de amostras além das mínimas estabelecidas nesta Portaria, a critério próprio ou do órgão sanitário estadual competente, visando a garantir o atendimento ao padrão de potabilidade.
10. Para o atendimento das exigências de ordem técnico-instrumental, que a detecção ou quantificação de alguns componentes imponham, caberá aos serviços de abastecimento público de água e aos órgãos de vigilância promoverem sua própria capacitação, a fim de atender aos objetivos desta Portaria, podendo confiar tais atribuições laboratoriais certificados pelo Ministério da Saúde ou pela autoridade competente do Estado e do Distrito Federal.
11. Os serviços de abastecimento de água deverão encaminhar às Secretarias de Estado da Saúde, ou órgãos equivalentes, relatórios mensais relativos ao efetivo cumprimento das disposições desta Portaria.
12. Serão obrigatoriamente observados em todo o Território Nacional as normas e o padrão de potabilidade estabelecidos nesta Portaria, dentro de 2 (dois) anos a contar da data de sua publicação.
13. Durante o prazo previsto no item anterior, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios deverão promover as medidas que, para o fiel cumprimento desta Portaria, se façam necessárias.
14. Até a entrada em vigor das normas e do padrão aprovados por esta Portaria, continuarão vigorando os estabelecidos na Portaria Bsb n. 56, de 14 de março de 1977.
15. Os Estados, o Distrito Federal e os Municípios, desde que devidamente capacitados, poderão adotar, a partir da publicação desta Portaria, as normas e o padrão de potabilidade da água nela estabelecidos.

16. Esta Portaria entrará em vigor a partir da data de sua publicação, devendo ser observadas as disposições da Portaria Bsb n. 56, de 14 de março de 1977.

AO CONSUMO HUMANO

1. Padrão de Potabilidade

A água potável, destinada ao abastecimento das populações humanas, deve atender às seguintes características de qualidade:

1.1 - Físicas, Organolépticas e Químicas:

As características físicas, químicas e organolépticas da água de consumo humano e seus VMP's estão listados na Tabela I.

TABELA I

(Valores Máximos Permissíveis das Características Físicas, Organolépticas e Químicas da Água Potável)

Características	Unidade	VMP
I - Física e Organolépticas:		
Cor aparente	UH ⁽¹⁾	5 (obs-1)
Odor		Não objetável
Sabor		Não objetável
Turbidez	UT ⁽²⁾	1 (obs-2)
II - Química:		
II-a) Componentes inorgânicos que Afetam a Saúde:		
Arsênio	mg/L	0,05
Bário	mg/L	1,0
Cádmio	mg/L	0,005
Chumbo	mg/L	0,05
Cianetos	mg/L	0,1
Cromo Total	mg/L	0,05
Fluoretos	mg/L	Obs.-3
Mercurio	mg/L	0,001
Nitratos	mg/L	10
Prata	mg/L N	0,05
Selênio	mg/L	0,01
II-b) Componentes Orgânicos que Afetam a Saúde:		
Aldrin e Dieldrin	µg/L	0,03

Clordano (Total de Isômeros)	µg/L	0,3
DDT (p-p'DDT; o-p'DDT; p-p'DDE; o-p'DDE)	µg/L	1
Endrin	µg/L	0,2
Heptacloro e Heptacloro epóxido	µg/L	0,1
Hexaclorobenzeno	µg/L	0,01
Lindano (Gama HCH)	µg/L	3
Metoxicloro	µg/L	30
Pentaclorofenol	µg/L	10
Tetracloreto de Carbono	µg/L	3
Tetracloretoeno	µg/L	10
Toxafeno	µg/L	5,0
Tricloroeteno	µg/L	30
Trihalometanos	µg/L	100 (obs.-4)
1,1 Dicloroetano	µg/L	0,3
1,2 Dicloroetano	µg/L	10
2,4 D	µg/L	100
2,4,6 Triclorofenol	µg/L	10 (obs.-5)

II-c) Componentes que afetam a Qualidade Organoléptica:

Alumínio	mg/L	0,2 (obs.-6)
Agentes Tensoativos (Reagentes ao azul de metileno)	mg/L	0,2
Cloreto	mg/L Cl	250
Cobre	mg/L	1,0
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	500
Ferro Total	mg/L	0,3
Manganês	mg/L	0,1
Sólidos Totais Dissolvidos	mg/L	1000
Sulfatos	mg/L SO ₄	400
Zinco	mg/L	5

(¹) UH é a unidade de escala de Hazen (de platina - cobalto).

(²) UT é a unidade de turbidez, seja em unidade de Jackson ou nefelométrica.

Obs. 1 - Para a cor aparente, o VMP é 5 (cinco) UH para água entrando no sistema de distribuição. O VMP de 15 (quinze) UH é permitido em pontos de rede de distribuição.

Obs. 2 - Para a turbidez, o VMP é 1,0 UT, para a água entrando nos sistema de distribuição. O VMP de 5,0 UT é permitido em pontos da rede de distribuição, se for demonstrado que a desinfecção não é comprometida pelo uso desse valor menos exigente.

gor.

Obs. 4 - Sujeito a revisão em função dos estudos toxicológicos em andamento. A remoção ou prevenção de trihalometanos não deverá prejudicar a eficiência da desinfecção.

Obs. 5 - Concentração limiar de odor de 0,1 µg/L.

Obs. 6 - Sujeito a revisão em função de estudos toxicológicos em andamento.

1.1.1 - Recomendações:

- a) O pH deverá ficar situado no intervalo de 6,5 a 8,5.
- b) A concentração mínima de cloro residual livre em qualquer ponto da rede de distribuição, deverá ser de 0,2 mg/L.
- c) A água de abastecimento não deverá apresentar nenhuma das substâncias relacionadas na Tabela II, em teores que lhe confiram odor característico:

TABELA II

Substância	Concentração Limiar de Odor
Clorobenzenos	01 a 3 µg/L
Clorofenóis e Fenóis	01 µg/L
Sulfetos de Hidrogênio (não ionizável)	0,025 a 025 µg/L (em S)

d) Recomenda-se a realização de análises pelo método da medida da atividade anticolinérgica para verificação da presença de carbamatos e fosforados nas águas de abastecimento público (limite detec, do método = 10 µg/L).

1.1.2 - Amostras:

O número mínimo de amostras e a frequência mínima de amostragem a serem efetuadas pelos serviços de abastecimento público de água deverão obedecer a Tabela III.

Número Mínimo de Amostras e Frequência Mínima de Amostragem para Análise das Características de Qualidades Físicas, Organolépticas e Químicas das Águas de Abastecimento Público a serem efetuadas pelos Serviços de Abastecimento Público, coletadas na Entrada do Sistema de Distribuição e na Rede de Distribuição

Entrada do Sistema de Distribuição	Rede de Redistribuição
Número Mínimo de Amostras	
População Abastecida (hab.)	Até 50.000
	50.001 a 250.000
	Acima de 250.000
Número de Amostras	1
	1 p/cada 50.000
	4+(1 p/cada 250.000)

FREQÜÊNCIA MÍNIMA DE AMOSTRAGEM

I - Características Físicas e Organolépticas:

Cor aparente	Diária	Mensal	Mensal	Mensal
Turbidez	Diária	Mensal	Mensal	Mensal
Sabor	Diária	Mensal	Mensal	Mensal
Odor	Diária	Mensal	Mensal	Mensal
pH	Diária	Mensal	Mensal	Mensal

II - Características Químicas:

II - A) Componentes Inorgânicos que afetam a Saúde:

Cádmio	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral
Chumbo	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral
Cloro residual	Diário	(*)	(*)	(*)
Cromo total	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral
Fluoreto	Diário (**)	Mensal (**)	Mensal (**)	Mensal (**)
Arsênio	Semestral	.....	.....	.....
Bário	Semestral	.....	.....	.....
Cianetos	Semestral	.....	.....	.....
Merúrio	Semestral	.....	.....	.....
Nitratos	Semestral	.....	.....	.....

Semestral

II - b) Componentes Orgânicos que afetam a Saúde:

	Mensal	Semestral	Semestral	Semestral
Trihalometanos	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral
Aldrin e Dieldrin	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral
Benzeno	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral
Benzo-a-pireno	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral
Clordano (Tot. Isômeros)	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral
DDT (ver Tabela I)	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral
Endrin	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral
Heptacloro e heptacloro epóxido	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral
Hexaclorobenzeno	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral
Lindano (gama HCH)	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral
Metoxicloro	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral
Pentaclorofenol	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral
Tetracloreto de carbono	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral
Tetracloroeteno	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral
Toxafeno	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral
Tricloroeteno	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral
1,1 Dicloroeteno	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral
1,2 Dicloroetano	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral
2,4 D	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral
2,4,6 Triclorofenol	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral

II - c) Componentes que afetam a Qualidade Organoléptica:

	Mensal	Semestral	Semestral	Semestral
Alumínio	Mensal	Semestral	Semestral	Semestral
Ferro Total	Mensal	Semestral	Semestral	Semestral
Manganês	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral
Agentes Tensoativos	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral
Cloretos	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral
Cobre	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral
Dureza total	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral
Sólidos totais dissolvidos	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral
Sulfatos	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral
Zinco	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral

- 1 - (* * *) Coleta de amostras não obrigatória.
- 2 - Na determinação do número de amostras, toda fração decimal deverá ser aproximada para o número inteiro imediatamente mais próximo.
- 3 - (*) Analisar o cloro residual em todas as amostras coletadas para análise bacteriológica.

Semestral

1.2 - Bacteriológicas:

- 1.2.1 - Ausência de coliformes fecais em 100 ml de amostra.
- 1.2.2 - Ausência de bactéria do grupo coliformes totais em 100 ml quando a amostra é coletada na entrada da rede de distribuição.
- 1.2.3 - Nas amostras procedentes da rede de distribuição, 95% (noventa e cinco por cento) deverão apresentar ausência de coliformes totais em 100 ml. Nos 5% (cinco por cento) das amostras restantes, serão tolerados até 3 (três) coliformes totais em 100 ml, desde que isso não ocorra em 2 (duas) amostras consecutivas, coletadas sucessivamente no mesmo ponto.
- 1.2.4 - Nos sistemas de distribuição de água sem tratamento, 98% (noventa e oito por cento) das amostras deverão apresentar ausência de coliformes totais em 100 ml. Nos 2% (dois por cento) das amostras restantes serão tolerados até 3 (três) coliformes em 100 ml desde que isso não ocorra em 2 (duas) amostras consecutivas, coletadas sucessivamente no mesmo ponto.
- 1.2.5 - Em água não canalizada usada comunitariamente e sem tratamento (poços, fontes, nascentes, etc.), desde que não haja disponibilidade de água de melhor qualidade, 95% (noventa e cinco por cento) das amostras devem apresentar ausência de coliformes totais em 100 ml. Nos 5% (cinco por cento) das amostras restantes serão tolerados até 10 (dez) coliformes totais em 100 ml, desde que isso não ocorra em 2 (duas) amostras consecutivas, coletadas sucessivamente no mesmo ponto. Neste caso, deve-se providenciar a melhoria dessa condição ou a utilização de água que apresente melhor qualidade bacteriológica, acompanhadas por inspeções sanitárias frequentes e coleta de dados epidemiológicos.
- 1.2.6 - O volume mínimo de amostras a ser analisado é de 100 ml. No caso da técnica dos tubos múltiplos, quando não houver possibilidade de analisar os 100 ml, permite-se a análise de 5 (cinco) porções de 10 ml (50 ml).
- 1.2.7 - Quando forem obtidos resultados desfavoráveis, pelo teste P/A (presença/ausência), 2 (duas) novas amostras deverão ser coletadas nos mesmos pontos, em dias imediatamente consecutivos, para exame quantitativo, quer pela técnica de tubos múltiplos ou de membrana filtrante, visando a atender os itens anteriores no referente à percentagem de amostras onde se considerava o limite máximo tolerado de coliformes totais.
- 1.2.8 - Em qualquer dos casos incluídos nos subitem 1.2, quando forem obtidos resultados desfavoráveis, novas amostras deverão ser coletadas nos mes-

Semestral

II - b) Componentes Orgânicos que afetam a Saúde:

	Mensal	Semestral	Semestral	Semestral
Trihalometanos	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral
Aldrin e Dieldrin	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral
Benzeno	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral
Benzo-a-pireno	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral
Clordano (Tot. Isômeros)	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral
DDT (ver Tabela I)	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral
Endrin	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral
Heptacloro e heptacloro epóxido	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral
Hexaclorobenzeno	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral
Lindano (gama HCH)	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral
Metoxicloro	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral
Pentaclorofenol	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral
Tetracloreto de carbono	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral
Tetracloroeteno	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral
Toxafeno	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral
Tricloroeteno	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral
1,1 Dicloroeteno	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral
1,2 Dicloroetano	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral
2,4 D	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral
2,4,6 Triclorofenol	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral

II - c) Componentes que afetam a Qualidade Organoléptica:

	Mensal	Semestral	Semestral	Semestral
Alumínio	Mensal	Semestral	Semestral	Semestral
Ferro Total	Mensal	Semestral	Semestral	Semestral
Manganês	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral
Agentes Tensoativos	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral
Cloretos	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral
Cobre	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral
Dureza total	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral
Sólidos totais dissolvidos	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral
Sulfatos	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral
Zinco	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral

- 1 - (* * *) Coleta de amostras não obrigatória.
- 2 - Na determinação do número de amostras, toda fração decimal deverá ser aproximada para o número inteiro imediatamente mais próximo.
- 3 - (*) Analisar o cloro residual em todas as amostras coletadas para análise bacteriológica.

consecutivas revelem qualidade satisfatória, em função das providências adotadas. Essas amostras, consideradas extras, não serão computadas no número mínimo de amostras estabelecido no Tabela IV.

1.2.9 - Para efeito desta Portaria, na determinação de coliformes totais pelas técnicas dos tubos múltiplos a P/A, quando o ensaio presuntivo for positivo, a análise deverá ser conduzida até o ensaio confirmatório.

1.2.10 - Se ocorrer positividade das amostras analisadas pelos órgãos responsáveis pela vigilância da qualidade da água, o Serviço de Abastecimento de Água deverá ser notificado para adoção das medidas corretivas e execução de novas análises, até que 2 (duas) amostras sucessivas apresentem resultados satisfatórios, após o que informará aos órgãos responsáveis pela vigilância, que poderão coletar novas amostras, para a confirmação da efetividade das medidas.

1.2.11 - Recomendações:

Para avaliar as condições sanitárias dos sistemas de abastecimento público de água, é recomendado que, em 20% (vinte por cento) das amostras analisadas por mês, semestre ou ano, seja efetuada a contagem de bactérias heterotróficas, que não poderão exceder a 500 (quinhentas) Unidades Formadoras de Colônias - UFC por ml. Se ocorrer número superior ao recomendado, deverá ser providenciada imediata coleta e inspeção local. Confirmada e/ou constatada irregularidade, deverão ser tomadas providências para sua correção. A técnica do espalhamento em placa ("Spread Plate Method") também poderá ser adotada. Na coleta, para verificação da colimetria positiva (item 1.2.8), recomenda-se que sejam coletadas 3 (três) amostras simultâneas, no local da amostragem e em 2 (dois) pontos situados antes e depois do mesmo.

1.2.12 - Amostragem:

O número mínimo de amostras e a frequência mínima de amostragem a serem efetuadas pelos serviços de abastecimento público deverão seguir a Tabela IV.

Número Mínimo de Amostras e Frequência Mínima de Amostragem, para Verificação das Características Bacteriológicas da Água do Sistema de Abastecimento Público

População Total Abastecida	Frequência	Amostras Mensais	Número Mínimo de Amostras a serem Efetuadas pelo S.A.A
Até 5.000	Semanal	5	
De 5.001 a 20.000	Semanal	1 p/cada	1.000 (hab.)
De 20.001 a 100.000	2 X p/Semana	1 p/cada	1.000 (hab.)
Acima de 100.000	Diária	90 + (1 p/cada	10.000 (hab.))

Obs.: As amostras devem ser representativas da rede de distribuição, independente de quantas unidades de produção a alimentem, distribuídas uniformemente ao longo do mês.

1.3 - Radioativas:

1.3.1 - O valor de referência para a radioatividade alfa total (incluindo o Rádio 226) é de 0,1 Bq/l (um décimo de bequerel por litro).

1.3.2 - O valor de referência para a radioatividade beta total é de 1 Bq/l (um bequerel por litro).

1.3.3 - Se os valores encontrados forem superiores aos referidos nos subitens 1.3.1 e 1.3.2 deverá ser feita a identificação dos radionuclídeos presentes e a medida das concentrações respectivas. Nesses casos, deverão ser aplicados para os radionuclídeos encontrados, os valores estabelecidos pela Norma Experimental da Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN, Diretrizes Básicas de Radioproteção (CNEN - NE 3.01), para se concluir sobre a potabilidade da água.

1.3.4 - Recomendações:

Recomenda-se a realização de levantamento geral em cada Estado e no Distrito Federal, a fim de possibilitar o conhecimento dos níveis de radioatividade dos corpos de água destinada a abastecimento público em cada região.

1.3.5 - Amostragem:

A frequência mínima de amostragem, para a verificação das características

dependará da existência de causas de radiação artificial ou natural, decorrentes ou não de atividades humanas.

2. Condições Específicas

- 2.1 - Comprovado que a água fornecida à população não atende às características de qualidade estabelecidas nesta Norma e padrão de potabilidade da água para consumo humano, as autoridades sanitárias estaduais e do Distrito Federal poderão autorizar o seu fornecimento a título precário e excepcional, desde que não haja risco à saúde. Nesse caso, deverão exigir o tratamento adequado, ou pesquisa de outros corpos de água para o abastecimento público, colaborando para a correção da falha, bem como alertar o consumidor para que tome medidas preventivas e estabelecer prazos para a adoção, pelo SAA, das medidas corretivas necessárias.
- 2.2 - Para a verificação da qualidade da água, tendo em vista o padrão de potabilidade estabelecido, serão adotadas, preferencialmente, as técnicas de coleta e análise de água constantes do "Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater", última edição, da "American Public Health Association - APHA", da "American Water Works Association - AWWA" e da "Water Pollution Control Federation - WPCF", até que sejam publicadas normas nacionais. Metodologias alternativas deverão receber aprovação do Ministério da Saúde para terem validade, mediante apresentação de documentação científica adequada.
- 2.3 - Ocorrendo a presença de substâncias e/ou elementos químicos decorrentes de falhas nos processos de tratamento, ou acidente de qualquer natureza, que coloque em dúvida a qualidade da água distribuída, a situação deverá ser avaliada pela autoridade sanitária estadual competente, para a tomada imediata das medidas cabíveis.
- 2.4 - Em nenhum momento, o Sistema de Abastecimento Público de Água poderá ser operado de maneira a causar pressão negativa em qualquer ponto da rede de distribuição.
- 2.5 - Todos os novos projetos de ampliações de Sistemas Públicos de Abastecimento de Água deverão atender aos requisitos das Normas Técnicas da ABNT.

Na aplicação das presentes Normas, deverão ser consultadas:

- Portaria Bsb n. 443/78, do Ministro da Saúde;
- Portaria Bsb n. 635/75, do Ministro da Saúde;
- Portaria Bsb n. 280/77, do Ministro da Saúde.
- Guias para La Calidad Del Agua Potable:**
- Vol. 1 - Recomendaciones OPAS - 1985
- Vol. 2 - Criterios Relativos a La Salud y Otra Information de Base - OPAS - 1987.
- Diretrizes Básicas de Radioproteção/88 da CNEN:**
- P-NB-587 - Elaboração de Estudos de Concepção de Sistemas Públicos de Abastecimento de Água;
- P-NB-588 - Elaboração de Projetos de Poços Tubulares Profundos para Captação de Água Subterrânea;
- P-NB-589 - Elaboração de Projetos Hidráulicos de Sistemas de Captação de Água de Superfície para Abastecimento Público;
- P-NB-590 - Elaboração de Projetos de Sistemas de Bombeamento de Água para Abastecimento Público;
- P-NB-591 - Elaboração de Projeto de Sistemas de Adução de Água para Abastecimento Público;
- P-NB-592 - Elaboração de Projetos de Sistemas de Tratamento de Água para Abastecimento Público;
- P-NB-593 - Elaboração de Projetos de Reservatórios de Distribuição de Água para Abastecimento Público;
- P-NB-594 - Elaboração de Projetos Hidráulicos de Redes de Distribuição de Água Potável para Abastecimento Público.
- Canadá - Guidelines for Canadian Drinking Water Quality, Federal-Provincial Advisory Committee on Environmental and Occupational Health and Welfare, Canada, 1987, 20 pp.
- Conselho das Comunidades Européias - Diretiva do Conselho de 15 de julho de 1980 relativa à qualidade das águas destinadas ao Consumo Humano (80/778/CCE). J. O. Comunidad Europ. N. L229/11, (30/8/80) 15 (02): 174-192, 1980.
- Federal Register 47:43, 04/03/1982, EUA;
- Federal Register 48:134, 05/10/1983, EUA;
- Rodier, J. L'Analyse Chimique et Physique - Chimique de L'Eau. 4^a ed. pag. 317 - 19.1971.
- (D.O. de 23 de janeiro de 1990, pag. 1.651 a 1.654).

Anexo F:

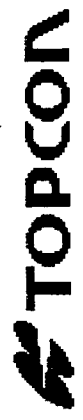
Levantamento Topográfico e com GPS

- *Condições de **PDOP** e satélites*

- *Relatório do programa **FILLNET***

- *Planilha de levantamento taqueométrico*

GPS MULTISITE SESSION PLANNING																																	
SU: 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	ALL SU ON	ALL SU OFF	
USED: <input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
>>> GEOMETRIC DILUTION OF PRECISION <<<																																	
<input checked="" type="checkbox"/> PDOP ON <input type="checkbox"/> GDOP OFF <input type="checkbox"/> HDOP OFF <input type="checkbox"/> VDOP OFF <input type="checkbox"/> TDOP OFF																PROJECT: USASITES.PRJ																	
																73 San Diego, CA ↑ 74 San Francisco, CA ↑ 75 San Jose, CA ↑ 76 Seattle, WA ↑ 77 Shreveport, LA ↑ 78 Spokane, WA ↑ 79 St Louis, MO ↑ 80 St Paul, MN ↑ 81 St Petersburg, FL ↓ 82 Stockton, CA ↓ 83 Tampa, FL ↓ 84 Toledo, OH ↓ 85 Tucson, AZ ↓ 86 Tulsa, OK ↓ 87 Washington, D.C. ↓ 88 Wichita, KS ↓ 89 Yonkers, NY ↓ 90 USGS - hayward ↓ 91 cocal - morro ↓																	
2-D MODE <input checked="" type="checkbox"/>		3-D MODE <input checked="" type="checkbox"/>		OBSTRUCTIONS OFF		AVAILABILITY ON		PRINT GRAPH		PRINT TABLE		QUIT																					
LOCATION: cocal - morro LAT: 28°40'55".39 S LON: 049°13'53".99 W																CUTOFF ANGLE: 15° DATE: 13/May/95																	
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 LOCAL TIME																0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 LOCAL TIME																	
24 HOURS																LOCAL-GMT: +00.0 HOURS																	



RAM FILLNET, Version 3.0.00
 NSED TO: ASHTECH INC.

net Input File BARRAGEM -28.6 49.4

6378137.000 1/f = 298.2572235 W Longitude positive WEST

IMINARY COORDINATES:

		LAT.	LON.	ELEV.	G.H.	CONSTR.
FFF	BAR1-28	36 56.32957	49 22 58.57995	282.868	0.000	
	BAR2-28	35 53.26128	49 22 41.30376	83.471	0.000	
	BAR3-28	35 56.39259	49 22 59.16182	83.468	0.000	

P 1, NO. OF VECTORS AND BIAS CONSTRAINTS:

0.000 0.001 0.000 0.001 0.000 0.001 0.000 0.001

ORS:

	DX	DY	DZ	LENGTH	ERROR CODES		
BAR2	847.525	-267.194	1800.110	2007.508	3	51.0	51.0 2
BAR3	449.234	-548.092	1715.470	1856.085	3	51.0	51.0 2
BAR3	-398.263	-280.946	-84.680	494.687	3	51.0	51.0 2

PTS:

0.000 0.000 0.000
 -0.015 -0.010 -0.050
 0.008 0.002 0.053

STED VECTORS, GROUP 1:

		DX,DY,DZ	V	DN,DE,DU	v	v'
BAR2	1185A	847.515	-0.010	1941.604	0.003	0.9
		-267.177	0.017	469.622	0.004	0.6
		1800.124	0.014	-199.354	-0.024	-4.4
BAR3	1185B	449.244	0.010	1845.304	-0.003	-0.9
		-548.108	-0.016	-15.597	-0.003	-0.6
		1715.456	-0.014	-199.107	0.023	4.3
BAR3	1185C	-398.272	-0.009	-96.300	0.002	0.8
		-280.931	0.015	-485.219	0.003	0.6
		-84.668	0.012	0.246	-0.020	-4.1

OF UNIT WEIGHT = 4.397

ER OF -

1. EQUATIONS 13
 KNOWNS 10
 FREES OF FREEDOM 3
 ERATIONS 0

1 ROT. ANGLES (sec.) AND SCALE DIFF. (ppm):

SYSTEM 0.000 0.000 0.000 0.000
 ERRORS 0.004 0.004 0.004 0.004
 SYSTEM 0.000 0.000 0.000 0.000

ADJUSTED POSITIONS:

		LAT.	LON.	ELEV.	STD. ERRORS (m)		
1	BAR1	-28 36 56.32957	49 22 58.57995	282.868	0.000	0.000	0.000
2	BAR2	-28 35 53.26176	49 22 41.30412	83.421	0.013	0.019	0.019
3	BAR3	-28 35 56.39234	49 22 59.16176	83.521	0.012	0.019	0.019

ACCURACIES (m):

		D. LAT.	D. LON.	VERT.
BAR1	BAR2	0.013	0.019	0.019
BAR1	BAR3	0.012	0.019	0.019
BAR2	BAR3	0.011	0.018	0.018

```

*****
***
***          ESTIMATES OF PRECISION          ***
***
***   Based on the VECTOR ACCURACIES produced by   ***
***                   FILLNET                   ***
***
***   This is a reasonable estimate of the accuracies ***
***   of the vectors in the network at 1 SIGMA.   ***
***
*****

```

VECTOR	LENGTH	PPM(h)	RATIO(h)	PPM(v)	RATIO(v)
AR1 BAR2	2007.514	11.5	1: 86770	9.5	1: 105659
AR1 BAR3	1856.080	12.2	1: 82118	10.2	1: 97688
AR2 BAR3	494.683	42.6	1: 23450	36.4	1: 27482

CARACTERIZACAO DO RELEVO DA REPRESA

ESTACAO	PTO. VISADO	h (M)	ANGULOS LIDOS								CORRECAO ANGULAR		LEITURA DA MIRA				
			HORIZONTAL				VERTICAL				AZIMUTE (O)	VERT (O)	I (M)	M (M)	S (M)		
			(O)	(°)	(')	(O)	(O)	(°)	(')	(O)							
PT01	0	1.583	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PT01	A1	1.583	160	33	10	160.55278	99	18	25	99.306944	160.55278	9.3069444	3.35	3.63	3.9		
	A2	1.583	160	33	10	160.55278	97	24	50	97.413889	160.55278	7.4138889	1.52	1.7	1.87		
	A3	1.583	160	33	10	160.55278	98	37	18	98.621667	160.55278	8.6216667	1.66	1.8	1.93		
	A4	1.583	160	33	10	160.55278	100	33	58	100.56611	160.55278	10.566111	1.81	1.91	2		
	A5	1.583	160	33	10	160.55278	97	47	40	97.794444	160.55278	7.7944444	1.93	1.995	2.06		
	A6RIO	1.583	160	33	10	160.55278	287	42	55	287.71528	340.55278	-17.71528	1.78	1.805	1.83		
	A7	1.583	160	33	10	160.55278	250	14	50	250.24722	340.55278	19.752778	1.33	1.4	1.47		
	A8	1.583	160	33	10	160.55278	260	14	0	260.23333	340.55278	9.7666667	3.22	3.34	3.46		
	B1	1.583	181	11	25	181.19028	243	51	55	243.86528	1.1902778	26.134722	0.74	0.8	0.86		
	B2	1.583	181	11	25	181.19028	255	35	8	255.58556	1.1902778	14.414444	3.29	3.4	3.5		
	B3RIO	1.583	181	11	25	181.19028	280	2	10	280.03611	1.1902778	-10.03611	2.23	2.26	2.29		
	B4	1.583	181	11	25	181.19028	94	35	10	94.588111	181.19028	4.5881111	1.65	1.7	1.75		
	B5	1.583	181	11	25	181.19028	100	11	18	100.18833	181.19028	10.188333	0.81	0.9	0.99		
	B6	1.583	181	11	25	181.19028	99	3	40	99.061111	181.19028	9.0611111	2.23	2.38	2.54		
	B7	1.583	181	11	25	181.19028	98	39	18	98.655	181.19028	8.655	1.77	2	2.23		
	B8	1.583	181	11	25	181.19028	99	14	15	99.2375	181.19028	9.2375	2.1	2.39	2.69		
	C1	1.583	195	7	45	195.12917	97	17	45	97.295833	195.12917	7.2958333	1.91	1.95	2		
	C2	1.583	195	7	45	195.12917	101	30	55	101.51528	195.12917	11.515278	1.22	1.3	1.39		
	C3	1.583	195	7	45	195.12917	98	2	55	98.048611	195.12917	8.0486111	2.06	2.19	2.33		
	C4	1.583	195	7	45	195.12917	98	32	40	98.544444	195.12917	8.5444444	2.88	3.11	3.35		
	C5RIO	1.583	195	7	45	195.12917	271	27	35	271.45972	15.129167	-1.459722	2.89	2.92	2.95		
	C6	1.583	195	7	45	195.12917	256	58	30	256.975	15.129167	13.025	1.28	1.35	1.42		
	C7	1.583	195	7	45	195.12917	260	34	10	260.56944	15.129167	9.4305556	2.45	2.55	2.64		
	D1RIO	1.583	209	4	10	209.06944	275	58	50	275.98056	29.069444	-5.980556	1.11	1.22	1.33		
	D2	1.583	209	4	10	209.06944	274	7	40	274.12778	29.069444	-4.127778	1.33	1.4	1.47		
	D3RIO	1.583	209	4	10	209.06944	272	34	25	272.57381	29.069444	-2.573811	2.72	2.75	2.78		
	D4	1.583	209	4	10	209.06944	96	1	0	96.016667	209.06944	6.0166667	1.76	1.8	1.85		
	D5	1.583	209	4	10	209.06944	101	55	10	101.91944	209.06944	11.919444	1.69	1.8	1.9		
	D6	1.583	209	4	10	209.06944	99	22	8	99.368889	209.06944	9.3688889	2.18	2.3	2.42		
PT01	PT02	1.583	271	58	58	271.98278	92	54	15	92.904167	271.98278	2.9041667	0.59	0.9	1.2		
PT02	E1	1.575	93	48	10	89.066111	88	8	5	88.134722	89.066111	-1.865278	1.53	2	2.47		
	E2	1.575	93	48	10	89.066111	88	0	20	88.005556	89.066111	-1.994444	1.6	2	2.4		
	E3RIO	1.575	93	48	10	89.066111	86	6	10	86.102778	89.066111	-3.897222	1.6	1.99	2.39		
	E4RIO	1.575	93	48	10	89.066111	84	32	0	84.533333	89.066111	-5.466667	1.77	2	2.22		
	E5	1.575	93	48	10	89.066111	84	57	10	84.952778	89.066111	-5.047222	1.81	2.05	2.19		
	E6	1.575	93	48	10	89.066111	85	21	40	85.361111	89.066111	-4.638889	1.89	2	2.11		
	E7	1.575	93	48	10	89.066111	87	3	20	87.055556	89.066111	-2.944444	1.45	1.5	1.55		
	E8	1.575	93	48	10	89.066111	273	58	10	273.96944	269.06611	-3.969444	1.6	1.82	1.65		
	E9	1.575	93	48	10	89.066111	273	59	40	273.99444	269.06611	-3.994444	1.48	1.6	1.71		
	E10	1.575	93	48	10	89.066111	272	29	25	272.49028	269.06611	-2.490278	2.26	2.4	2.54		
	E11	1.575	93	48	10	89.066111	267	57	40	267.96111	269.06611	2.0388889	1.13	1.4	1.66		
	E12	1.575	93	48	10	89.066111	267	15	20	267.25556	269.06611	2.7444444	0.69	1.1	1.5		
	E13	1.575	93	48	10	89.066111	267	52	15	267.87083	269.06611	2.1291667	1.47	2	2.54		
	F1	1.575	82	14	15	77.500833	265	6	35	265.10972	257.50083	4.8902778	0.34	1	1.65		
	F2	1.575	82	14	15	77.500833	267	43	30	267.725	257.50083	2.275	1.1	1.7	2.31		
	F3	1.575	82	14	15	77.500833	268	13	35	268.22639	257.50083	1.7736111	1.47	2	2.53		
	F4	1.575	82	14	15	77.500833	267	65	30	267.09167	257.50083	1.9083333	1.77	2	2.23		
	F5	1.575	82	14	15	77.500833	272	23	55	272.39861	257.50083	-2.398611	1.87	2	2.14		
	F6	1.575	82	14	15	77.500833	90	22	20	90.372222	77.500833	0.3722222	1.86	1.9	1.95		
	F7	1.575	82	14	15	77.500833	80	9	25	80.156944	77.500833	-9.843056	1.41	1.5	1.59		
	F8	1.575	82	14	15	77.500833	84	54	45	84.9125	77.500833	-5.0875	1.85	2	2.15		
	F9	1.575	82	14	15	77.500833	90	13	20	90.222222	77.500833	0.2222222	0.56	0.8	1.05		
	F10	1.575	82	14	15	77.500833	90	44	0	90.733333	77.500833	0.7333333	1.68	2	2.32		
	G1	1.575	67	16	5	62.531389	91	43	30	91.725	62.531389	1.725	2.9	3.2	3.49		
	G2	1.575	67	16	5	62.531389	91	35	0	91.583333	62.531389	1.5833333	0.27	0.5	0.73		
	G3	1.575	67	16	5	62.531389	91	59	0	91.983333	62.531389	1.9833333	1.84	2	2.16		
	G4	1.575	67	16	5	62.531389	89	3	5	89.051389	62.531389	-0.948611	2.16	2.3	2.44		
	G5	1.575	67	16	5	62.531389	81	51	55	81.865278	62.531389	-8.134722	2.54	2.6	2.66		
	G6	1.575	67	16	5	62.531389	268	52	30	268.875	242.53139	1.125	1.64	1.7	1.76		
	G7	1.575	67	16	5	62.531389	271	43	25	271.72361	242.53139	-1.723611	2.54	2.65	2.76		
	G8	1.575	67	16	5	62.531389	269	43	65	269.73472	242.53139	0.2652778	1.73	1.9	2.07		
	G9RIO	1.575	67	16	5	62.531389	270	56	5	270.93472	242.53139	-0.934722	2	2.3	2.6		
	G10	1.575	67	16	5	62.531389	267	17	5	267.28472	242.53139	2.7152778	0.99	1.6	2.21		
	G11RIO	1.575	67	16	5	62.531389	267	28	35	267.47639	242.53139	2.5236111	2.55	3.21	3.88		
	H1	1.575	45	52	40	41.141111	268	18	50	268.31389	221.14111	1.6861111	1.12	1.6	2.09		
	H2	1.575	45	52	40	41.141111	267	52	35	267.87639	221.14111	2.1236111	1.55	2	2.45		
	H3RIO	1.575	45	52	40	41.141111	268	47	20	268.78889	221.14111	1.2111111	2.22	2.63	3.04		

	J4	1.575	351	19	0	346.58	270	19	45	270.32917	166.58	-0.329167	1.55	1.8	2.06	pag. 2/4
	J5	1.575	351	19	0	346.58	269	36	5	269.60139	166.58	0.3986111	1.8	2	2.2	
	J6	1.575	351	19	0	346.58	269	27	35	269.45972	166.58	0.5402778	3.44	3.6	3.76	
	J7	1.575	351	19	0	346.58	269	28	30	269.475	166.58	0.525	2.54	2.85	2.77	
	J8	1.575	351	19	0	346.58	273	31	5	273.51806	166.58	-3.518056	2.9	3	3.1	
	J9	1.575	351	19	0	346.58	269	53	50	269.89722	166.58	0.1027778	1.5	1.54	1.58	
	J10	1.575	351	19	0	346.58	79	21	40	79.361111	346.58	-10.63889	2.14	2.19	2.24	
	J11CER	1.575	351	19	0	346.58	102	16	0	102.26667	346.58	12.266667	0.25	0.5	0.75	
	L1CERC	1.575	334	27	40	329.72444	102	43	50	102.73056	329.72444	12.730556	1.68	2	2.32	
	L2	1.575	334	27	40	329.72444	98	30	30	98.508333	329.72444	8.5083333	1.87	2	2.14	
	L3	1.575	334	27	40	329.72444	85	38	40	85.644444	329.72444	-4.355556	1.92	2	2.08	
	L4RIO	1.575	334	27	40	329.72444	275	56	45	275.94583	149.72444	-5.945833	3.32	3.4	3.49	
	L5	1.575	334	27	40	329.72444	273	0	40	273.01111	149.72444	-3.011111	1.67	1.8	1.93	
	L6	1.575	334	27	40	329.72444	270	48	30	270.80833	149.72444	-0.808333	1.78	2	2.22	
	L7RIO	1.575	334	27	40	329.72444	271	52	10	271.86944	149.72444	-1.869444	1.45	1.8	2.15	
	L8	1.575	334	27	40	329.72444	267	36	40	267.81111	149.72444	2.3888889	0.14	0.6	1.05	
PT01	PT03	1.495	137	18	25	137.30694	97	18	40	97.311111	137.30694	7.3111111	1.82	2	2.19	
PT03	M1	1.555	238	0	40	238.01111	261	59	0	261.98333	195.31806	8.0166667	0.12	0.3	0.48	
	M2	1.555	238	0	40	238.01111	78	56	20	78.938889	15.318056	-11.06111	0.54	0.6	0.68	
	M3	1.555	238	0	40	238.01111	77	54	5	77.901389	15.318056	-12.09861	2.62	2.7	2.78	
	M4	1.555	238	0	40	238.01111	80	5	0	80.083333	15.318056	-9.916667	2.59	2.7	2.81	
	M5	1.555	238	0	40	238.01111	83	2	30	83.041667	15.318056	-6.958333	0.6	0.8	1	
PT03	PT04	1.555	136	41	10	136.68611	273	7	20	273.12222	93.993056	-3.122222	1.63	2	2.37	
PT04	PT05	1.35	103	47	0	103.78333	261	11	10	261.18611	17.776309	8.8138889	1.51	1.65	1.8	
PT05	N1	1.47	96	37	0	96.616667	271	31	30	271.525	114.39306	-1.525	1.13	1.3	1.57	
PT05	PT06	1.47	175	46	10	175.76944	88	53	15	88.8875	13.545833	-1.1125	1.45	1.7	1.95	
PT06	PT07	1.54	185	13	20	185.22222	287	2	5	287.03472	18.768056	-17.03472	1.92	2	2.08	
PT07	O1RIO	1.56	178	28	35	178.47639	271	24	0	271.4	17.244444	-1.4	2.37	2.4	2.43	
	O2	1.56	178	28	35	178.47639	271	29	20	271.48889	17.244444	-1.488889	0.94	1	1.06	
	O3	1.56	178	28	35	178.47639	253	39	20	253.65556	17.244444	16.344444	0.48	0.6	0.72	
PT07	PT08RI	1.56	266	31	40	266.52778	271	44	0	271.73333	105.29583	-1.733333	1.31	1.5	1.7	
PT08RIO	P1	1.31	89	45	15	89.754167	103	4	0	103.06667	15.05	13.066667	0.7	0.91	1.12	
	P2	1.31	89	45	15	89.754167	101	29	20	101.48889	15.05	11.488889	3.37	3.5	3.64	
	P3	1.31	89	45	15	89.754167	100	20	20	100.33889	15.05	10.338889	0.37	0.4	0.43	
	P4	1.31	89	45	15	89.754167	256	37	40	256.62778	195.05	13.372222	1.98	2.02	2.06	
	P5	1.31	89	45	15	89.754167	252	53	40	252.89444	195.05	17.105556	2.11	2.2	2.29	
PT08RIO	PT09	1.31	194	14	30	194.24167	100	59	10	100.98611	119.5375	10.986111	1.84	2	2.17	
PT09	R1	1.48	247	38	30	247.64167	91	14	55	91.248611	187.17917	1.2486111	2.22	2.5	2.76	
PT09	PT10RI	1.48	247	38	30	247.64167	288	41	50	288.69722	7.1791667	-18.69722	2.23	2.3	2.37	
PT10RIO	R11	1.54	178	19	50	178.33056	93	51	20	93.855556	5.5097222	3.8555556	2.63	2.8	2.96	
	R12	1.54	178	19	50	178.33056	97	3	45	97.0625	5.5097222	7.0625	0.83	1.05	1.27	
PT03	PT11	1.52	23	15	5	23.251389	84	47	25	84.790278	340.55833	-5.209722	1.73	2	2.27	
PT11	S1RIO	1.47	201	21	0	201.35	9	20	0	0.1555556	1.9083333	-89.84444	1.97	2	2.03	
	S2	1.47	201	21	0	201.35	90	27	5	90.451389	1.9083333	0.4513889	1.36	1.4	1.44	
	S3	1.47	201	21	0	201.35	90	31	55	90.531944	1.9083333	0.5319444	1.21	1.3	1.39	
	S4RIO	1.47	201	21	0	201.35	90	29	5	90.484722	1.9083333	0.4847222	1.67	1.8	1.93	
	S5	1.47	201	21	0	201.35	90	31	30	90.525	1.9083333	0.525	3.04	3.2	3.37	
	S6	1.47	201	21	0	201.35	95	25	10	95.419444	1.9083333	5.4194444	1.76	2	2.25	
PT02	PT12	1.55	244	51	0	244.11333	87	44	30	87.741667	240.11333	-2.258333	0.69	1.3	1.9	
PT12	K1	1.55	315	28	40	315.47778	94	12	25	94.206944	15.591111	4.2069444	0.72	1.4	2.07	
	K2	1.55	315	28	40	315.47778	89	54	45	89.9125	15.591111	-0.0875	1.53	2.01	2.45	
	K3	1.55	315	28	40	315.47778	88	16	40	88.277778	15.591111	-1.722222	1.82	1.99	2.17	
	K4RIO	1.55	315	28	40	315.47778	79	36	30	79.608333	15.591111	-10.39167	1.89	2	2.11	
	K5	1.55	315	28	40	315.47778	85	56	35	85.943056	15.591111	-4.056944	1.37	1.4	1.43	
	K6RIO	1.55	315	28	40	315.47778	275	38	0	275.63333	195.59111	-5.633333	2.25	2.3	2.35	
	K7	1.55	315	28	40	315.47778	249	54	10	249.90278	195.59111	20.097222	1.78	1.99	2.2	
	T1	1.55	290	5	5	290.08472	247	8	50	247.14722	170.19806	22.852778	0.57	0.79	1.03	
	T2RIO	1.55	290	5	5	290.08472	84	57	5	84.951389	350.19806	-5.048611	2.31	2.5	2.69	
	T3RIO	1.55	290	5	5	290.08472	87	21	30	87.358333	350.19806	-2.641667	0.81	1.2	1.58	
	U1	1.55	244	8	20	244.13889	102	16	15	102.27083	304.25222	12.270833	0.87	0.95	1.13	
	U2	1.55	244	8	20	244.13889	101	28	40	101.47778	304.25222	11.477778	2.83	3	3.17	
	U3	1.55	244	8	20	244.13889	100	46	0	100.76667	304.25222	10.766667	3.33	3.6	4	
	X1	1.55	234	40	10	234.66944	101	23	40	101.39444	294.78278	11.394444	1.66	2.1	2.55	
	X2	1.55	234	40	10	234.66944	93	44	55	93.748611	294.78278	3.7486111	2.25	2.52	2.79	
	X3	1.55	234	40	10	234.66944	94	10	15	94.170833	294.78278	4.1708333	2.34	2.5	2.66	
	X4	1.55	234	40	10	234.66944	98	25	40	98.427778	294.78278	8.4277778	1.9	2	2.11	
	Y1	1.55	216	37	20	216.62222	96	31	25	96.523611	276.73556	6.5236111	1.36	1.4	1.45	
	Y2RIO	1.55	216	37	20	216.62222	96	44	20	96.738889	276.73556	6.7388889	2.3	2.4	2.5	
	Y3	1.55	216	37	20	216.62222	94	52	0	94.866667	276.73556	4.866667	0.25	0.5	0.75	
	Y4RIO	1.55	216	37	20	216.62222	94	56	35	94.943056	276.73556	4.9430556	2.07	2.4	2.73	
	Y5	1.55	216	37	20	216.62222	99	19	20	99.322222	276.73556	9.3222222	1.57	2	2.44	
	Z1	1.55	201	4	45	201.07917	89	54	30	89.908333	261.1925	9.9083333	0.72	1	1.28	

ESTACAO	PTO. VISADO	Dist. (M)	Dif. Nivel (M)	COORDENADAS DA ESTACAO			COORDENADAS DO PONTO		
				X (M)	Y (M)	COTA (M)	X (M)	Y (M)	COTA (M)
PT01	0	0	0	658150.56	6835416.77	82	658150.56	6835416.77	82
PT01	A1	53.5615	6.730699	658150.56	6835416.77	82	658168.392682	6835366.26426	88.73
	A2	34.41724	4.361503	658150.56	6835416.77	82	658162.018821	6835384.31631	86.36
	A3	26.39323	3.784811	658150.56	6835416.77	82	658159.347322	6835391.88254	85.78
	A4	18.36113	3.097954	658150.56	6835416.77	82	658156.673127	6835399.45639	85.1
	A5	12.7609	1.334765	658150.56	6835416.77	82	658154.808592	6835404.73713	83.33
	A6RIO	4.537047	-1.67129	658150.56	6835416.77	82	658149.049443	6835421.0482	80.33
	A7	12.40094	4.636071	658150.56	6835416.77	82	658146.431251	6835428.46345	86.64
	A8	23.30937	2.255263	658150.56	6835416.77	82	658142.799417	6835438.74953	84.26
	B1	9.671693	5.528384	658150.56	6835416.77	82	658150.760908	6835428.43961	87.53
	B2	19.69867	3.246052	658150.56	6835416.77	82	658150.969196	6835436.46442	85.25
	B3RIO	5.332967	-1.62081	658150.56	6835416.77	82	658150.670781	6835422.10182	80.38
	B4	9.936068	0.680013	658150.56	6835416.77	82	658150.3536	6835406.83608	82.68
	B5	17.43681	3.816713	658150.56	6835416.77	82	658150.197789	6835399.33695	85.82
	B6	30.23113	4.024199	658150.56	6835416.77	82	658149.932016	6835386.5454	86.02
	B7	44.9583	6.426455	658150.56	6835416.77	82	658149.626091	6835371.8214	88.43
	B8	57.47963	8.54128	658150.56	6835416.77	82	658149.365989	6835359.30277	90.54
	C1	8.854856	0.766679	658150.56	6835416.77	82	658148.248918	6835408.22205	82.77
	C2	15.84244	3.510581	658150.56	6835416.77	82	658146.425186	6835401.47666	85.51
	C3	25.9805	3.066802	658150.56	6835416.77	82	658143.779194	6835391.68999	85.07
	C4	45.47351	5.305128	658150.56	6835416.77	82	658138.691597	6835372.8726	87.31
	C5RIO	5.996106	-1.4898	658150.56	6835416.77	82	658152.12496	6835422.55828	80.51
	C6	13.28888	3.307087	658150.56	6835416.77	82	658154.028343	6835428.94304	85.31
	C7	18.4899	2.104114	658150.56	6835416.77	82	658155.385788	6835434.61904	84.1
	D1RIO	21.76117	-1.91673	658150.56	6835416.77	82	658161.133087	6835435.78995	80.08
	D2	13.92746	-0.82212	658150.56	6835416.77	82	658157.326927	6835428.94304	81.18
	D3RIO	5.987902	-1.43615	658150.56	6835416.77	82	658153.469338	6835422.00362	80.56
	D4	8.406613	0.669043	658150.56	6835416.77	82	658146.475485	6835409.42236	82.67
	D5	20.1042	4.026745	658150.56	6835416.77	82	658140.791987	6835399.1983	86.03
	D6	22.87723	3.05754	658150.56	6835416.77	82	658139.444653	6835396.77458	85.06
PT01	PT02	60.84341	3.789683	658150.56	6835416.77	82	658089.753016	6835418.87513	85.77
PT02	E1	93.90041	-3.48303	658089.75302	6835418.875	85.77	658183.640952	6835420.40558	82.29
	E2	79.9031	-3.20752	658089.75302	6835418.875	85.77	658169.645504	6835420.17744	82.56
	E3RIO	78.63506	-5.77197	658089.75302	6835418.875	85.77	658168.37763	6835420.15678	80
	E4RIO	44.59159	-4.6925	658089.75302	6835418.875	85.77	658134.338684	6835419.60191	81.08
	E5	37.70588	-3.80515	658089.75302	6835418.875	85.77	658127.45389	6835419.48968	81.96
	E6	21.8561	-2.19843	658089.75302	6835418.875	85.77	658111.606214	6835419.23135	83.57
	E7	9.973614	-0.438	658089.75302	6835418.875	85.77	658099.725304	6835419.03768	85.33
	E8	4.478436	-0.35576	658089.75302	6835418.875	85.77	658085.275175	6835418.80213	85.41
	E9	22.88839	-1.62328	658089.75302	6835418.875	85.77	658086.867663	6835418.50208	84.15
	E10	27.94714	-2.04045	658089.75302	6835418.875	85.77	658086.1809589	6835418.41962	83.73
	E11	52.93291	2.05943	658089.75302	6835418.875	85.77	658086.827133	6835418.01239	87.83
	E12	80.8143	4.348935	658089.75302	6835418.875	85.77	658088.949452	6835417.55796	90.12
	E13	106.8523	3.547564	658089.75302	6835418.875	85.77	657982.914901	6835417.13357	89.32
	F1	130.048	11.70182	658089.75302	6835418.875	85.77	657962.787266	6835390.72944	97.47
	F2	120.8093	4.674407	658089.75302	6835418.875	85.77	657971.806966	6835392.72892	90.44
	F3	105.8985	2.854172	658089.75302	6835418.875	85.77	657986.364439	6835395.95601	88.62
	F4	45.94899	1.105975	658089.75302	6835418.875	85.77	658044.893056	6835408.9306	86.88
	F5	26.95271	-1.554	658089.75302	6835418.875	85.77	658063.439109	6835413.04188	84.22
	F6	8.99962	-0.26653	658089.75302	6835418.875	85.77	658098.539337	6835420.82287	85.5
	F7	17.47397	-2.9568	658089.75302	6835418.875	85.77	658106.812838	6835422.65694	82.81
	F8	30.26018	-3.11899	658089.75302	6835418.875	85.77	658119.295984	6835425.42419	82.65
	F9	49.39926	0.966596	658089.75302	6835418.875	85.77	658137.981468	6835429.56638	86.74
	F10	63.98952	0.394052	658089.75302	6835418.875	85.77	658152.225926	6835432.72408	88.16
	G1	58.94654	0.150236	658089.75302	6835418.875	85.77	658142.054136	6835446.06496	85.92
	G2	45.46526	2.331724	658089.75302	6835418.875	85.77	658130.092691	6835439.84655	88.1
	G3	31.96167	0.681818	658089.75302	6835418.875	85.77	658118.111445	6835433.61785	86.45
	G4	27.99233	-1.18849	658089.75302	6835418.875	85.77	658114.589589	6835431.78694	84.58
	G5	12.15172	-2.76196	658089.75302	6835418.875	85.77	658100.534795	6835424.48026	83.01
	G6	11.99537	0.110559	658089.75302	6835418.875	85.77	658079.109956	6835413.34211	85.88
	G7	21.9801	-1.73642	658089.75302	6835418.875	85.77	658070.250875	6835408.73653	84.03
	G8	34.49926	-0.16527	658089.75302	6835418.875	85.77	658059.143075	6835402.96191	85.6
	G9RIO	59.98403	-1.70367	658089.75302	6835418.875	85.77	658036.531363	6835391.20674	84.07
	G10	121.7262	5.747993	658089.75302	6835418.875	85.77	657981.749773	6835382.72738	91.52
	H1RIO	132.7421	4.215455	658089.75302	6835418.875	85.77	657971.975731	6835357.84614	89.99
	H1	96.91602	2.827887	658089.75302	6835418.875	85.77	658025.990437	6835345.88849	88.6
	H2	89.87642	2.907706	658089.75302	6835418.875	85.77	658030.621901	6835351.18996	88.68
	H3RIO	81.96337	0.87779	658089.75302	6835418.875	85.77	658035.828023	6835357.14921	86.45
	H4	41.98525	0.971814	658089.75302	6835418.875	85.77	658062.130254	6835387.25639	86.74
	H5RIO	23.80537	-2.5775	658089.75302	6835418.875	85.77	658074.091087	6835400.9475	83.19
	H6	10.9676	0.138883	658089.75302	6835418.875	85.77	658082.537259	6835410.61552	85.91
	H7	3.972041	-0.75325	658089.75302	6835418.875	85.77	658092.366284	6835421.86644	85.02
	H8	15.9828	-2.89563	658089.75302	6835418.875	85.77	658100.255192	6835430.89657	82.87
	H9	43.75882	3.123642	658089.75302	6835418.875	85.77	658118.542635	6835451.82952	88.89
	I1CERCA	41.26592	9.434211	658089.75302	6835418.875	85.77	658099.358728	6835459.00749	95.2
	I2	20.95215	0.576313	658089.75302	6835418.875	85.77	658094.63017	6835439.25173	86.35
	I3	7.999808	0.114172	658089.75302	6835418.875	85.77	658087.890853	6835411.09507	85.88
	I4RIO	11.7391	-3.33506	658089.75302	6835418.875	85.77	658087.020436	6835407.45849	82.43
	I5	28.90751	-2.68016	658089.75302	6835418.875	85.77	658083.024045	6835390.7617	83.11
	I6	33.99985	-0.35247	658089.75302	6835418.875	85.77	658081.838671	6835385.80924	85.42
	I7	52.99669	0.356187	658089.75302	6835418.875	85.77	658077.416664	6835367.33423	86.13
	I8RIO	58.99606	-1.10696	658089.75302	6835418.875	85.77	658076.020154	6835361.49966	84.66
	I9	81.10405	9.399379	658089.75302	6835418.875	85.77	658070.873948	6835339.99897	95.17
	J1	98.94238	11.00455	658089.75302	6835418.875	85.77	658112.7163	6835322.63438	96.77
	J2	74.99178	-0.23966	658089.75302	6835418.875	85.77	658107.157666	6835345.93101	85.53
	J3RIO	56.95266	-2.35695	658089.75302	6835418.875	85.77	658102.971014	6835363.47756	83.41
	J4	50.99832	-0.51799	658089.75302	6835418.875	85.77	658101.589085	6835369.26932	85.25
	J5	39.99806	-0.14673	658089.75302	6835418.875	85.77	658099.036064	6835379.969	

	J8	19.92469	-2.64995	658089.75302	6835418.875	85.77	658094.377287	6835399.49448	83.12	pag. 4/4
	J9	7.999974	0.04935	658089.75302	6835418.875	85.77	658091.609709	6835411.09359	85.82	
	J10	9.65916	-2.42945	658089.75302	6835418.875	85.77	658087.511246	6835428.27054	83.34	
	J11CERCA	47.743	11.45556	658089.75302	6835418.875	85.77	658078.672465	6835465.3145	97.23	
	L1CERCA	60.89207	13.33175	658089.75302	6835418.875	85.77	658059.053715	6835471.46217	99.1	
	L2	26.40897	3.525773	658089.75302	6835418.875	85.77	658076.438692	6835411.88219	89.3	
	L3	16.40483	-1.67448	658089.75302	6835418.875	85.77	658061.482368	6835433.04252	84.1	
	L4RIO	16.81758	-3.57853	658089.75302	6835418.875	85.77	658098.231754	6835404.35128	82.19	
	L5	25.92826	-1.58888	658089.75302	6835418.875	85.77	658102.824985	6835396.48321	84.18	
	L6	43.99124	-1.04567	658089.75302	6835418.875	85.77	658111.931606	6835380.88382	84.72	
	L7RIO	69.92551	-2.50734	658089.75302	6835418.875	85.77	658125.006604	6835358.48671	83.26	
	L8	90.8419	4.764756	658089.75302	6835418.875	85.77	658135.551797	6835340.42309	90.53	
PT01	PT03	36.40081	4.165226	658150.56	6835416.77	82	658175.242319	6835390.01552	86.17	
PT03	M1	35.29982	6.226538	658175.24232	6835390.016	86.17	658165.916918	6835355.96975	92.4	
	M2	11.5583	-1.3045	658175.24232	6835390.016	86.17	658178.295754	6835401.1632	84.87	
	M3	15.29712	-4.42403	658175.24232	6835390.016	86.17	658179.283466	6835404.7692	81.75	
	M4	21.34752	-4.87714	658175.24232	6835390.016	86.17	658180.881842	6835410.80465	81.29	
	M5	39.41293	-4.05521	658175.24232	6835390.016	86.17	658185.654308	6835428.02828	82.11	
PT03	PT04	73.78047	-4.46951	658175.24232	6835390.016	86.17	658248.843691	6835384.87778	81.7	
PT04	PT05	28.8074	4.166772	658248.84369	6835384.878	81.7	658257.638674	6835412.30977	85.87	
PT05	N1	43.96884	-1.00056	658257.63867	6835412.31	85.87	658297.682576	6835394.15091	84.87	
PT05	PT06	49.98115	-1.2006	658257.63867	6835412.31	85.87	658269.345416	6835460.90059	84.67	
PT06	PT07	14.82687	-4.94158	658269.34542	6835460.901	84.67	658274.051435	6835474.74974	79.73	
PT07	O1RIO	5.996418	-0.98655	658274.05143	6835474.75	79.73	658275.829067	6835480.47661	78.74	
	O2	11.9919	0.248308	658274.05143	6835474.75	79.73	658277.606421	6835486.20259	79.98	
	O3	22.09939	7.440925	658274.05143	6835474.75	79.73	658280.602775	6835495.85573	87.17	
PT07	PT08RIO	38.96432	-1.11912	658274.05143	6835474.75	79.73	658311.635504	6835464.47084	78.61	
PT08RIO	P1	39.8532	9.649692	658311.6355	6835464.471	78.61	658321.983861	6835502.95706	88.26	
	P2	25.92886	3.08005	658311.6355	6835464.471	78.61	658318.368241	6835489.51033	81.69	
	P3	5.806743	1.969336	658311.6355	6835464.471	78.61	658313.143294	6835470.07841	80.58	
	P4	7.57209	1.090047	658311.6355	6835464.471	78.61	658309.669321	6835457.15847	79.7	
	P5	16.44274	4.170194	658311.6355	6835464.471	78.61	658307.36595	6835448.59209	82.78	
PT08RIO	PT09	31.80153	5.483591	658311.6355	6835464.471	78.61	658339.30389	6835448.7029	84.09	
PT09	R1	54.47412	0.167308	658339.30389	6835448.793	84.09	658332.496124	6835394.74585	84.26	
PT09	PT10RIO	12.56131	-5.07109	658339.30389	6835448.793	84.09	658340.873709	6835461.25574	79.02	
PT10RIO	R11	32.85079	0.953943	658340.87371	6835461.256	79.02	658344.027866	6835493.95476	79.97	
	R12	43.33484	5.85884	658340.87371	6835461.256	79.02	658345.034489	6835400.39037	84.88	
PT03	PT11	53.55477	-5.36303	658175.24232	6835390.016	86.17	658157.416774	6835440.51665	80.81	
PT11	S1RIO	4.42E-05	-0.54629	658157.41677	6835440.517	80.81	658157.416775	6835440.51669	80.26	
	S2	7.999503	0.133023	658157.41677	6835440.517	80.81	658157.683162	6835445.51172	80.94	
	S3	17.99845	0.337106	658157.41677	6835440.517	80.81	658158.016132	6835458.50511	81.15	
	S4RIO	26.4981	-0.10582	658157.41677	6835440.517	80.81	658158.299175	6835467.00006	80.7	
	S5	32.49727	-1.43222	658157.41677	6835440.517	80.81	658158.498951	6835472.9959	79.38	
	S6	48.56292	4.077176	658157.41677	6835440.517	80.81	658159.033945	6835489.05263	84.89	
PT02	PT12	120.8121	-4.51432	658089.75302	6835418.875	85.77	657985.007374	6835358.67614	90.28	
PT12	K1	134.2735	10.02679	657985.00737	6835358.676	90.28	658021.096112	6835488.00894	100.31	
	K2	91.99979	-0.6005	657985.00737	6835358.676	90.28	658009.734192	6835447.29073	86.68	
	K3	34.96839	-1.49141	657985.00737	6835358.676	90.28	657994.405841	6835392.35784	85.79	
	K4RIO	21.76795	-4.44189	657985.00737	6835358.676	90.28	657990.857954	6835379.64313	85.84	
	K5	5.969968	-0.27342	657985.00737	6835358.676	90.28	657986.611925	6835364.42644	90.01	
	K6RIO	9.903642	-1.72688	657985.00737	6835358.676	90.28	657982.345568	6835349.13691	88.55	
	K7	37.04103	13.11306	657985.00737	6835358.676	90.28	657975.051842	6835322.99806	103.39	
	T1	39.06196	17.22249	657985.00737	6835358.676	90.28	657991.657396	6835320.18441	107.5	
	T2RIO	37.70572	-4.28106	657985.00737	6835358.676	90.28	657978.588241	6835395.83144	86	
	T3RIO	76.83643	-3.19512	657985.00737	6835358.676	90.28	657971.926513	6835434.39093	87.08	
	U1	24.82557	5.999613	657985.00737	6835358.676	90.28	657964.487352	6835372.64889	96.28	
	U2	32.65373	5.180289	657985.00737	6835358.676	90.28	657958.016848	6835377.05487	95.46	
	U3	64.66184	10.24592	657985.00737	6835358.676	90.28	657931.559971	6835395.07022	100.53	
	X1	85.52625	16.68649	657985.00737	6835358.676	90.28	657907.357787	6835394.52697	106.97	
	X2	53.76918	2.552909	657985.00737	6835358.676	90.28	657936.190144	6835381.21507	92.83	
	X3	31.83073	1.371212	657985.00737	6835358.676	90.28	657956.108143	6835372.01892	91.65	
	X4	20.05965	2.522089	657985.00737	6835358.676	90.28	657966.795149	6835367.08473	92.8	
	Y1	8.883829	1.165893	657985.00737	6835358.676	90.28	657976.18486	6835359.7181	91.45	
	Y2RIO	19.7246	1.480682	657985.00737	6835358.676	90.28	657965.418908	6835360.98958	91.76	
	Y3	49.64013	5.27657	657985.00737	6835358.676	90.28	657935.709855	6835364.49829	95.56	
	Y4RIO	65.50988	4.81578	657985.00737	6835358.676	90.28	657919.949538	6835366.35961	95.1	
	Y5	84.71715	13.45671	657985.00737	6835358.676	90.28	657900.874936	6835368.61237	103.74	
	Z1	54.3419	10.04232	657985.00737	6835358.676	90.28	657931.306253	6835350.35557	100.32	
				Pontos Inseridos por Interpolacao:		P100	657824	6835331	103	
						P101	657857	6835550	107	
						P102	658089	6835533	95.12	
						P103	658127	6835351	92	
						P104	658150	6835415	84	
						P105	658150	6835448	84	
						P106	658152	6835472	79	
						P107	658155	6835495	84	
						P108	658155	6835507	90	
						P109	658156	6835530	95	
						P110	658218	6835525	102	
						P111	658260	6835530	96	
						P112	658271	6835533	95	
						P113	658356.25	6835346.5	92.4	