

**MAPAS E DADOS EM MEIO DIGITAL
UMA APLICAÇÃO A DRENAGEM URBANA
Bacia do Itacorubi, Florianópolis - SC.**

GILBERTO ANTONIO DO NASCIMENTO

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Cadastro Técnico Multifinalitário

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Dora Maria Orth

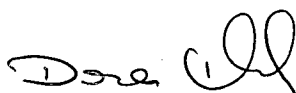
**Florianópolis
1998**

**MAPAS E DADOS EM MEIO DIGITAL: UMA APLICAÇÃO À
DRENAGEM URBANA - Bacia do Itacorubi, Florianópolis - SC**

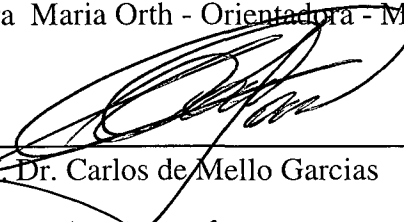
GILBERTO ANTONIO DO NASCIMENTO

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de **Mestre em Engenharia Civil** (Área de Concentração: Cadastro Técnico Multifinalitário) e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.

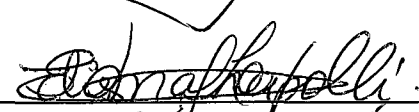
Dissertação defendida e aprovada em 30/04/98,
pela comissão examinadora:



Prof.^a. Dr.^a. Dora Maria Orth - Orientadora - Moderadora



Prof. Dr. Carlos de Mello Garcias



Prof. Dr.^a. Edis Mafra Lapolli



Prof. Dr.^a. Alina Gonçalves Santiago



Prof. Dr. Roberto de Oliveira - Coordenador do CPGEC

**À *Lúcia, Livia e Cecília*, pelas
muitas horas subtraídas de um
convívio precioso.**

**Aos colegas empenhados em
fazer da pesquisa fonte de saber e
busca por qualidade de vida.**

AGRADECIMENTOS

À Prof^a Dr^a Dora Orth, pela orientação, paciência e impaciência em momentos oportunos.

Aos Prof. Dr. Cesar A. Pompeo, Antonio Cardoso e acadêmico Marcio Ravadelli, do Laboratório de Drenagem Urbana (LABDREN), Departamento de Engenharia Sanitária - UFSC, pela co-orientação, apoio e informações postas à disposição, imprescindíveis ao presente trabalho.

Aos colegas e bolsistas do Laboratório de Ciências Geodésicas (LABCIG) do Departamento de Engenharia Civil – UFSC, onde muitas horas de convívio propiciaram um trabalho de equipe e solidário na construção de um saber técnico.

À Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFSC, pela atenção e apoio até a conclusão desta dissertação.

Ao colega Eng^o Cartógrafo Cesário de Oliveira Lima Jr. , pela presteza e atenção em momentos de muitas dúvidas e necessidade de apoio técnico.

Ao Eng^o Maurício Küster, da ITIS Informática Industrial, pelo apoio em informática e esclarecimentos prestados em diversas ocasiões.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela manutenção da bolsa que possibilitou a presente dissertação.

Aos amigos e parentes, pela compreensão e apoio ao longo de mais um trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABELAS	ii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	iii
RESUMO	iv
ABSTRACT	v
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 DRENAGEM E O REGISTRO DE INFORMAÇÕES	1
1.2 ÁREA DE ESTUDO	3
1.3 OBJETIVOS	6
1.3.1 Geral.....	6
1.3.2 Específicos.....	6
1.4 ADEQUAÇÃO DO TEMA ÀS LINHAS DE PESQUISA DO CURSO	6
1.5 DIFICULDADES TÉCNICAS VERIFICADAS	7
2. REVISÃO DE LITERATURA	9
2.1 DRENAGEM URBANA	9
2.1.1 Introdução	9
2.1.2 A impermeabilização da bacia.....	11
2.1.3 A Abordagem Estrutural	12
2.1.4 A abordagem não-estrutural	13
2.1.5 Planejamento estratégico e integrado.....	14
2.1.6 Plano Diretor de Drenagem.....	16
2.1.7 Simulação em modelos matemáticos.....	18
2.2 REPRESENTAÇÃO CARTOGRÁFICA	19
2.2.1 Conceitos.....	19
2.2.2 Qualidades de um mapa.....	20
2.2.3 Cartografia temática.....	23
2.2.4 Cartografia digital	24
2.2.5 O Mapeamento da Drenagem urbana.....	26
2.2.5.1 A percepção do sistema de drenagem	27
2.2.5.2 O Mapeamento como medida não-estrutural em drenagem urbana.....	28
2.3 COMPUTAÇÃO GRÁFICA	32
2.3.1 Estrutura de dados gráficos.....	32
2.3.1.1 Estrutura matricial.....	33
2.3.1.2 Estrutura vetorial	34
2.3.1.3 Comparação entre as estruturas de dados matricial e vetorial.....	34
2.3.2 Sistemas CAD.....	38

2.3.2.1	Introdução	38
2.3.2.2	Evolução do sistema CAD.....	39
2.3.2.3	Características dos sistemas CAD.....	40
2.4	BANCO DE DADOS	43
2.4.1	Conceitos.....	43
2.4.2	Vantagens na utilização de bancos de dados	48
2.4.3	Bancos de dados gráficos	48
2.4.4	Integração de dados gráficos e alfanuméricos	49
2.5	SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS - (SIG).....	51
2.5.1	Sistemas de informações.....	51
2.5.2	Conceito de SIG e considerações	52
3.	METODOLOGIA.....	55
3.1	LEVANTAMENTO DE DADOS	55
3.1.1	Inventário institucional.....	55
3.1.2	Reconhecimento em campo	56
3.1.3	Coleta de dados.....	57
3.2	PLANO GERAL DO TRABALHO	58
3.3	ELABORAÇÃO DE MAPAS TEMÁTICOS	61
3.3.1	Escala e precisão	61
3.3.2	Complementação da base cartográfica	62
3.3.2.2	Definição dos parâmetros para digitalização	62
3.3.2.3	Digitalização complementar da base cartográfica	63
3.3.2.4	Avaliação da distorção	64
3.3.2.5	Revisão do aspecto visual do mapa.....	67
3.3.3	Fotointerpretação.....	67
3.3.4	Conversão das informações de fotointerpretação para o meio digital.....	68
3.3.4.1	Reprodução dos desenhos de fotointerpretação	68
3.3.4.2	Montagem, ajuste e avaliação de distorção	68
3.3.4.3	Georeferenciamento do conjunto	72
3.3.4.4	Vetorização em mesa de digitalização.....	72
3.3.4.5	Teste de vetorização na tela.....	74
3.3.5	Reunião da base cartográfica e informações de fotointerpretação.....	74
3.3.5.1	Reunião de arquivos gráficos.....	74
3.3.5.2	Revisão dos atributos gráficos	75
3.3.5.3	Geração de mapas temáticos.....	75
3.3.5.4	Análise espacial em CAD	77
3.4	PREPARAÇÃO DO BANCO DE DADOS.....	79
3.4.1	Utilização de recurso de <i>indexadores</i> do programa de CAD	79
3.4.2	Seleção do programa de banco de dados	81
3.4.3	Criação de arquivo de banco de dados.....	82
3.4.4	Interface entre o programa de banco de dados e o programa de SIG.....	83
3.5	TRATAMENTO DOS MAPAS TEMÁTICOS PARA ANÁLISE ESPACIAL.....	84

3.5.1	Concepção de <i>projeto</i> no programa Microstation Geographics	84
3.5.2	Diretrizes para a montagem de projetos.....	87
3.6.3	Implantação do projeto ITAC-DREN.....	88
3.5.3.1	Criação de categorias e feições.....	88
3.5.3.2	Captura das feições no arquivo gráfico	89
3.5.3.3	Criação de mapas e mapa-índice.....	89
3.5.4	Tratamento topológico dos mapas.....	90
3.6	OPERAÇÕES COM MAPAS TEMÁTICOS E BANCO DE DADOS	91
3.6.1	Operações com linguagem estruturada de consulta (SQL)	91
3.6.2	Operações de análise espacial	92
3.6.2.1	Criação de camadas topológicas.....	92
3.6.2.2	Operações com sobreposição de informações gráficas	92
3.6.2.3	Utilização de recursos para mapeamento temático	93
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	94
4.1	PRODUTOS GERADOS.....	94
4.1.1	Base cartográfica digital - complementação	94
4.1.2	Mapas temáticos	95
4.1.3	Projeto em SIG.....	97
4.1.4	Correção dos produtos obtidos.....	98
4.1.5	Aplicações em drenagem urbana.....	99
4.2	METODOLOGIA INVESTIGADA.....	102
4.2.1	Aspecto geral.....	102
4.2.2	Recursos de informática	103
4.2.3	Dinâmica do trabalho	104
5.	RECOMENDAÇÕES	105
6.	CONCLUSÃO	108
ANEXO A	110
ANEXO B	111
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		112
BIBLIOGRAFIA CITADA		112
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA		116
APÊNDICE 1.....		118

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Mapa esquemático de localização da área de estudo	5
Figura 2	Ocupação não planejada dos terrenos, com conseqüências ao escoamento das águas	10
Figura 3	Acúmulo de detritos em canal principal de drenagem	15
Figura 4	Exemplo de uso adequado de áreas baixas	17
Figura 5	Galeria de drenagem oculta sob as ruas	28
Figura 6	Comparação entre as estruturas matricial e vetorial na operação de interseção entre duas áreas	37
Figura 7	Parâmetros para digitalização em modo contínuo	42
Figura 8	Sistema de banco de dados - representação esquemática	44
Figura 9	Fluxos de informações num sistema	51
Figura 10	Fluxograma de trabalho	60
Figura 11	Localização esquemática dos pontos para avaliação de distorção nos mapas	65
Figura 12	Tela do programa Microstation, para definição de indexadores de conjuntos de dados alfanuméricos	81
Figura 13	Interface entre aplicativo CAD/SIG e banco de dados	83

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Coeficiente de escoamento para algumas superfícies	11
Tabela 2	Componentes do mapeamento digital	25
Tabela 3	Avaliação da distorção entre a cópia da base cartográfica e o mapa digitalizado	66
Tabela 4	Avaliação da distorção entre original do IPUF e mapa digitalizado (plotado 1:10.000)	66
Tabela 5	Avaliação da distorção entre bloco de 6 fotos e base cartográfica digitalizada impressa	70
Tabela 6	Avaliação da distorção entre o conjunto de desenhos de fotointerpretação e a base cartográfica do IPUF	72
Tabela 7	Caracterização física das sub-bacias M1, M2 e M3	80

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAD	- Computer Aided Design
CAM	- Computer Aided Mapping
COMCAP	- Cia. Melhoramentos da Capital
IPUF	- Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis
LABCIG	- Laboratório de Ciências Geodésicas - Dept ^o . Eng. Civil - UFSC
LABDREN	- Laboratório de Drenagem Urbana - Dept ^o . Eng. Sanitária - UFSC
ODBC	- Open Data Base Coonnection
SIG	- Sistema de Informações Geográficas
UFSC	- Universidade Federal de Santa Catarina

RESUMO

O presente trabalho aborda a metodologia para elaboração de mapeamento temático e preparação de um banco de dados referenciados a pontos nos mapas, em meio digital. Um sistema de drenagem pluvial e características a ele correlacionadas constituíram o objeto para aplicação da metodologia.

Como área de estudo, adotou-se a Bacia do Itacorubi, localizada na região central de Florianópolis. Trata-se de uma micro-bacia urbana com características físicas e sócio-econômicas bem conhecidas, onde estão localizados bairros importantes e o próprio campus da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC.

Em diversas ocasiões tem sido registrados prejuízos à população, causados por inundações, erosões localizadas e outros problemas decorrentes do escoamento desordenado das águas pluviais. Tais problemas motivaram iniciativas da população, da administração pública e da própria Universidade, no sentido de desenvolver estudos e ações para minimização dos riscos e prejuízos. Neste contexto, torna-se fundamental a representação eficaz da área e de suas características relevantes para o escoamento das águas, o que pode ser facilitado pelos recursos tecnológicos atualmente disponíveis.

ABSTRACT

This paper investigates the methodology for undertaking thematic mapping and the preparation of a data base in digital form with references to points on the maps. The methodology will be applied to a system of storm sewerage and related issues. The region studied is the Itacorubi watershed located in the central region of the city of Florianópolis. It is an urban micro-watershed with well-known physical and socio-economic characteristics. The region includes important neighborhoods and the campus of the Federal University at Santa Catarina (UFSC).

On various occasions, the population has suffered from flooding, localized erosion and other problems caused by the poor control of rainwater runoff. These problems have stimulated efforts by the population, local government and the university to conduct studies and undertake measures to minimize the risks and damage. In this context, a thorough representation of the region and the characteristics relevant to the flow of rain water is an essential measure. This process can be facilitated by currently available technological resources.

1. INTRODUÇÃO

1.1 DRENAGEM E O REGISTRO DE INFORMAÇÕES

Com o crescimento vertiginoso e desordenado da maioria das cidades brasileiras, tem ocorrido o sério comprometimento de seus sistemas de infra-estrutura urbana. Sistemas como o de abastecimento de água, energia, telefonia e outros, não podem prescindir de atenção técnica específica para ser implantados e permanecer funcionando adequadamente. Neste contexto, o sistema de drenagem pluvial apresenta uma particularidade: sendo o escoamento das águas um processo natural, basicamente determinado pelas chuvas e pelas características dos terrenos, a intervenção do homem neste sistema normalmente não se dá com o mesmo preparo técnico com que lida com outros sistemas. Essa situação ocorre também no registro das características determinantes para a intervenção e a manutenção de forma adequada no sistema de escoamento das águas. Informações como seções de escoamento de rios e canais, diâmetros de galerias, área e formato da bacia de captação, cobertura vegetal, permeabilidade dos solos, declividades, etc., em geral são mal conhecidas e mal registradas.

A constatação desta insuficiência de informação tem sido uma constante para entidades públicas e privadas, em suas iniciativas para o enfrentamento de problemas causados pelas chuvas. Dentro dessa realidade, a introdução de recursos digitais para registro e manipulação de informações na gestão dos sistemas de drenagem urbana pode encurtar significativamente a grande distância entre a aquisição de dados e a sua utilização racional.

O registro de informações em meios convencionais (desenhos, planilhas e tabelas em papel) requer também espaço físico, pessoal, recursos e tempo, sem a perspectiva da obtenção de produtos que proporcionem a funcionalidade necessária à análise dos diversos parâmetros envolvidos no funcionamento de um sistema de drenagem. Devido ao grande dinamismo daquele sistema (no tempo e no espaço) é fundamental a atualização e o detalhamento preciso de seus componentes, com a frequência que

permita o monitoramento de modificações. O desenvolvimento tecnológico atual, com a utilização da informática, tem apresentado meios mais eficazes para o atendimento àquelas condições.

Em meio digital, a análise integrada com outros temas apresenta também a perspectiva de facilitar novas abordagens da questão da drenagem urbana com medidas não-estruturais, em oposição às medidas estruturais que seriam as obras convencionais de engenharia. Com a abordagem não-estrutural, poderiam ser melhor monitorados e controlados outros fatores na bacia, como a cobertura vegetal, a impermeabilização de grandes terrenos, a implantação de novos loteamentos, a abertura e pavimentação de ruas e acessos, etc.

Sendo conhecida no meio técnico a carência de dados e de abordagem sistemática para o problema da drenagem urbana, o presente trabalho tem como preocupação uma caracterização adequada da área de interesse, através da elaboração e utilização criteriosa de representações gráficas em meio digital, obtidas a partir de mapas, fotografias e outras fontes disponíveis. Tais recursos estarão cada vez mais acessíveis, face às perspectivas de utilização crescente da informática pelos órgãos gestores de serviços públicos. Dados alfanuméricos poderão ser referenciados aos mapas em meio digital, com possibilidade de rápida atualização, acesso e manipulação, com agilidade muito superior aos meios analógicos normalmente utilizados (tabelas e plantas desenhadas ou impressas em papel). Estes recursos são também de grande valia na alimentação de modelos matemáticos para avaliação de alternativas de gestão de bacias.

Através do cruzamento de informações de mapas relativos à drenagem com mapas e dados referentes a outros temas, tais como o sistema viário, as características do solo e os padrões de ocupação dos terrenos, o presente trabalho visa propiciar também instrumentos para o melhor conhecimento das relações entre o sistema de drenagem e aqueles temas, podendo subsidiar diretrizes para um planejamento urbano mais integrado e estratégico para a área em estudo.

Num contexto de investigação metodológica, especial atenção foi dedicada à assimilação dos recursos tecnológicos. Entretanto, é importante a observação de que não foram objetivados produtos cartográficos conforme definidos por normas específicas. O presente estudo objetiva principalmente a assimilação de recursos para o desenvolvimento de produtos adequados à estudos de drenagem e à divulgação das

características da bacia.

1.2 ÁREA DE ESTUDO

A Bacia do Itacorubi está localizada entre as coordenadas geográficas (48°32'02", 48°28'19" W) e (27°33'02", 27° 37' 50" S), na região central da Ilha de Santa Catarina, que corresponde à porção maior do município de Florianópolis (Figura 1).

Com paisagem bastante diversificada, a bacia apresenta encostas de grandes declividades, áreas quase planas e extensões contíguas de manguezais. A altitude varia de zero, nas regiões de mangue, até cerca de 380m, nos limites superiores das encostas.

Segundo o Atlas SC (1986), a área possui características climáticas bem acentuadas dentro do clima úmido, com precipitações médias de 1406 mm anuais e temperatura media anual de 20°C. A ação dos ventos desempenha importante papel no clima local, sendo mais freqüentes os ventos dos quadrantes NE e N e de maior efeito o vento sul, causador de súbitas mudanças de temperatura.

No tocante à geomorfologia, a bacia está situada na unidade morfológica Serras do Leste Catarinense, caracterizada por formas de relevos elevados e dissecados, onde os processos erosivos são mais ativos, transportando materiais constituintes para as áreas mais baixas.

Com área aproximada de 23 km², a bacia se encontra dentro do perímetro urbano municipal, com malha viária e ocupação urbana ainda em expansão. A população estimada é de 45.000 habitantes. A área abrange total ou parcialmente os bairros Trindade, Pantanal, Córrego Grande, Itacorubi, Santa Mônica e a Cidade Universitária onde se encontra o campus principal da UFSC. Nela são localizados ainda alguns órgãos da administração federal (ELETROSUL) e estadual (Secretaria da Agricultura, Empresa de Pesquisas Agropecuárias - EPAGRI e outras), assim como empresas do setor terciário. O sistema viário também se apresenta com grande importância na dinâmica de transporte da cidade, sendo passagem preferencial para a maioria dos automóveis e coletivos nos percursos entre o norte, o oeste e o centro da ilha. A ocupação urbana tem se desenvolvido ao longo das atuais vias principais nas cotas intermediárias e baixas, expandindo-se para o interior, em direção às encostas com declividades medianas. Com implantação negligente em relação aos aspectos geotécnicos, geomorfológicos e do próprio escoamento natural das águas pluviais, as

ruas e terrenos têm sofrido as consequências negativas por sua inadequação ao ambiente físico. Nas encostas, são comuns os problemas de erosão, com danos aos pavimentos, terrenos e edificações, em consequência das altas velocidades das águas. As áreas mais baixas já sofreram inundações em diversas ocasiões, com conseqüentes prejuízos à população. As possíveis causas dos problemas permanecem objeto de conjecturas: obras mal dimensionadas, impermeabilização dos terrenos pela ocupação inadequada do solo, chuvas atípicas e efeito de marés ou da área de mangue junto aos principais pontos de desaguamento da bacia. Estas possibilidades somente poderão ser avaliadas em bases racionais a partir do conhecimento e detalhamento adequado das características relevantes para o processo. Com a realidade acima descrita, a Bacia do Itacorubi se apresenta como exemplo adequado a uma área piloto, para a presente investigação metodológica.

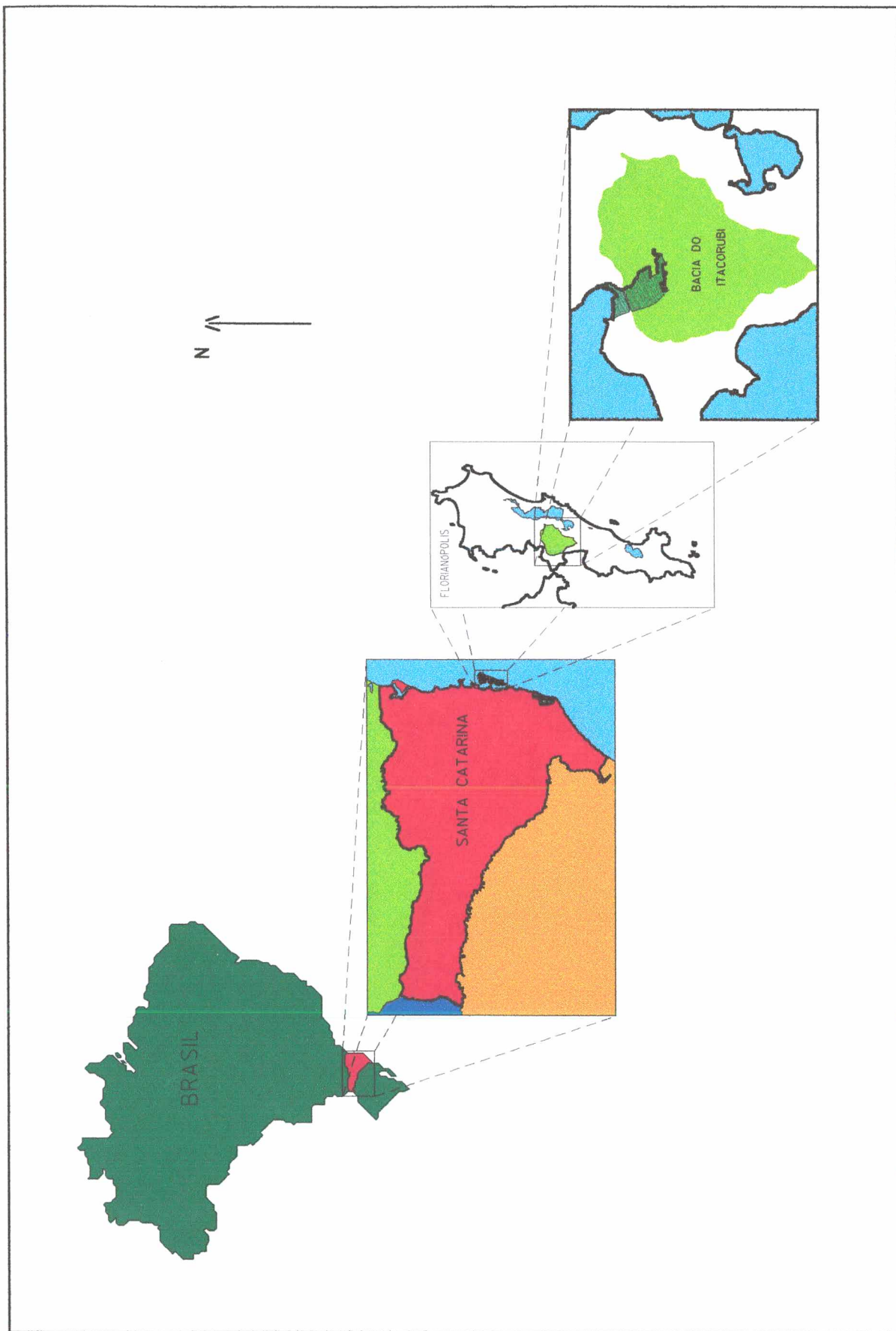


Figura 1. Bacia do Itacorubi - Localização

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Geral

Investigação metodológica para o desenvolvimento de mapas temáticos e banco de dados geo-referenciados, em meio digital. Aplicação em estudo de caso para o sistema natural de drenagem pluvial da Bacia do Itacorubi, Florianópolis - SC.

1.3.2 Específicos

- Organização de dados e informações de interesse para a gestão dos sistemas de drenagem urbana, a partir do cruzamento de informações obtidas em mapas temáticos;
- Desenvolvimento de subsídios para um futuro cadastro técnico de drenagem urbana;
- Exploração de técnicas e critérios para tratamento gráfico em meio digital, aplicados a mapas temáticos, visando uma melhor percepção do sistema de drenagem urbana pela população;
- Contribuição à difusão de novas tecnologias relacionadas à gestão do território urbano.

1.4 ADEQUAÇÃO DO TEMA ÀS LINHAS DE PESQUISA DO CURSO

A presente dissertação se enquadra nas seguintes linhas de pesquisa na área de concentração Cadastro Técnico Multifinalitário: Planejamento Regional e Urbano - Mapeamentos Temáticos Integrados - Cadastros Setoriais.

Os caminhos e áreas de escoamento das águas constitui condicionante natural na ocupação do solo urbano. Sendo determinante da possibilidade de convívio com rios, canais e áreas naturalmente alagadas, juntamente com outros condicionantes da ocupação, o sistema de drenagem integra o conjunto de sistemas necessários ao uso do espaço urbano. Para que este uso seja racional, é fundamental a consideração integrada de todos os sistemas, de forma dinâmica, atualizada e ágil. O mapeamento temático integrado em meio digital pode corresponder a esta necessidade, sendo este trabalho uma aplicação prática deste instrumento de representação da realidade, com a preocupação da pesquisa dos métodos e recursos utilizáveis.

Como aplicação em cadastro setorial, a presente proposta não tem a pretensão de produzi-lo como produto. Entretanto, ao longo de seu desenvolvimento, conceitos em

cadastro técnico serão aplicados na utilização de base cartográfica adequada, registro de dados alfanuméricos e registro de elementos constituintes de um sistema específico da infra-estrutura urbana. Tal disposição enseja a adequação dos instrumentos, métodos e dados a serem trabalhados como subsídios para um cadastro técnico em drenagem urbana.

1.5 DIFICULDADES TÉCNICAS VERIFICADAS

Para a presente dissertação, a problemática central consiste na preparação de materiais cartográficos e dados alfanuméricos para utilização com um software aplicativo para a representação e o cruzamento de informações relevantes para o sistema de drenagem.

Algumas dificuldades eram conhecidas *a priori*, como a diversidade de formatos, escalas, precisão e qualidade nos produtos cartográficos disponíveis. Registros do sistema de drenagem para a área em questão, quando existentes, também carecem de tratamento sistemático que permita sua pronta utilização (Laboratório de Drenagem Urbana - LABDREN - Departamento de Engenharia Sanitária - UFSC, 1996). Estes materiais encontram-se em formato analógico, conforme foram produzidos ao longo de várias administrações do município, sendo necessário um trabalho de seleção e adequação para a representação em meio digital.

No tocante aos recursos de informática, apresentava-se como obstáculo a ser vencido a carência de aplicações anteriores com a mesma especificidade, seja nas escalas a serem trabalhadas, seja na utilização de software aplicativo conjugando um programa de desenho auxiliado por computador (CAD) com o registro, a manipulação de dados alfanuméricos e seu referenciamento a pontos nos mapas. Adicionalmente, eram previsíveis dificuldades na rotina de trabalho com computador. Seria essencial a assimilação de recursos para proteção dos arquivos gerados e controle de usuários do sistema computacional, gerenciamento de memória operacional do computador e memória para registro de informações, dentre outros. Nem sempre tais recursos eram de completo domínio do pessoal do laboratório, havendo a necessidade de assimilação ou de assistência especializada pelos setores específicos da universidade. Tratando-se de itens que poderiam comprometer todo o trabalho a ser desenvolvido, foram considerados como aspectos acessórios, sendo contudo essenciais.

Um outro obstáculo poderia ser relacionado ao uso de aplicativos com manuais e textos acessórios originais em língua inglesa. Muitos termos e expressões técnicas apresentam dificuldades de tradução e compreensão, por representarem conceitos novos, sem equivalentes diretamente correlacionados na língua portuguesa. Ressalte-se que no Brasil a terminologia em português, de áreas como a informática, a cartografia digital e a fotogrametria ainda não se encontra bem consolidada, sendo comum a utilização descuidada de termos e expressões estrangeiros, muitos dos quais grosseiramente aportuguesados (ex: “deletar” = apagar; “atachar” = anexar , etc.). Considerando-se que em muitos casos a simples utilização do termo original ou sua forma aportuguesada não facilita a compreensão e disseminação de conceitos técnicos trabalhados, coloca-se a necessidade de um trabalho de registro sistemático e pesquisa de significação técnica precisa de termos. Neste contexto, apresenta-se como apêndice um glossário com uma coletânea de termos pesquisados.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 DRENAGEM URBANA

2.1.1 Introdução

Uma bacia hidrográfica é formada após grandes períodos de transformações geológicas, em que a interação de vários fatores ao longo de milênios resulta numa conformação física de equilíbrio. Nesse ambiente, a água das chuvas ao escoar e infiltrar-se pelos terrenos, interagiu com solos e rochas, modificando-os e tendo seu percurso definido pelas formas que o terreno assumiu.

A ocupação urbana de uma área representa uma grande modificação da situação natural. Ocorrem alterações no relevo, na permeabilidade dos terrenos e nos percursos naturais das águas. Ao longo da evolução de uma cidade, o escoamento das águas de chuva vai sofrendo alterações que muitas vezes não são bem percebidas pela população. Os rios, riachos e valas naturais, antes aparentes, vão sendo escondidos e invadidos pelos aterros, assoreamentos e construções. À medida em que há necessidade de mais espaço para novas construções e sistema viário, o sistema natural de drenagem perde suas características originais e com isso sua capacidade para escoamento adequado das águas (Figura 2).

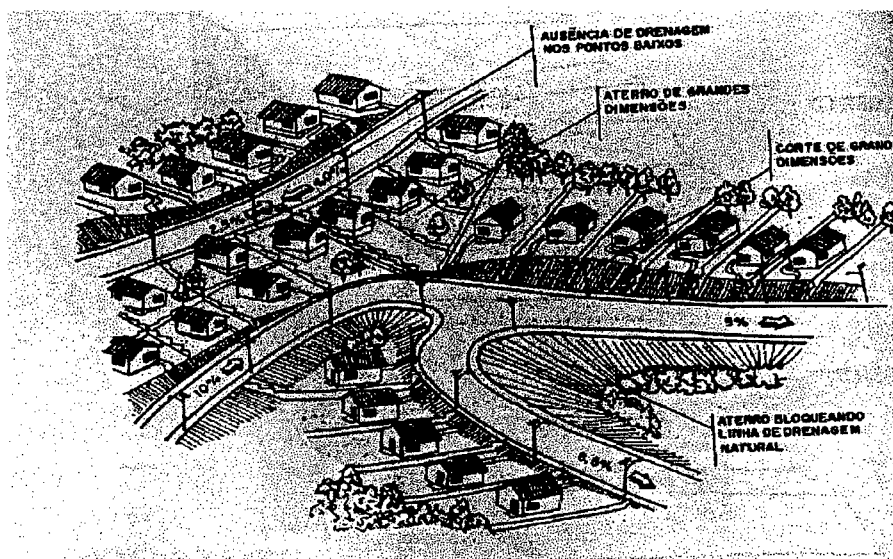


FIGURA 2 Ocupação não planejada dos terrenos, com conseqüências ao escoamento das águas

Fonte: Mascaró, 1989

Segundo POMPEO e CARDOSO (1996), em sentido mais amplo, o termo *drenagem urbana* se refere ao conjunto de medidas que têm como finalidade a minimização dos riscos e dos prejuízos causados pelas inundações, possibilitando o desenvolvimento urbano da forma mais harmônica possível, em articulação com outras atividades urbanas. Assim, segundo os autores, o conceito vai além dos limites da engenharia, abrangendo também uma questão gerencial sócio-política.

Com a modificação da situação original de escoamento das águas em uma bacia, o sistema urbano de drenagem pode ser sub-dividido em duas componentes. Assim, considera-se como *macro-drenagem* o escoamento natural, nos fundos de vales topograficamente bem definidos. Como *micro-drenagem* seria entendida a parte do sistema em que o escoamento é definido de forma mais artificial, através dos diversos componentes implantados pela ação do homem (galerias, bueiros, sarjetas, etc.), situando-se principalmente no ambiente urbano. Neste contexto, não podem deixar de ser analisados, como condicionantes para o funcionamento do sistema, fatores como o padrão de ocupação urbana, a malha viária (as ruas e avenidas interferem diretamente na micro-drenagem, definindo seu percurso e servindo mesmo como escoadouro ou barragem, em ocasiões de grandes chuvas ou obstruções), as características de permeabilidade das construções e superfícies e o uso do solo, dentre outros.

2.1.2 A impermeabilização da bacia

Com relação à permeabilidade, a Tabela 1 a seguir, de uso rotineiro em projetos, permite uma avaliação da importância desta característica quando considerada nos diversos ambientes constituintes da superfície de uma bacia. O coeficiente de escoamento representa a relação percentual entre a parcela de água que esco superficialmente pelos terrenos e a quantidade total trazida pelas chuvas.

TABELA 1. Coeficiente de escoamento para algumas superfícies

TIPO DE SUPERFÍCIE	COEFICIENTE DE ESCOAMENTO
telhados	0,70 A 0,95
pavimentos	0,40 a 0,90
vias macadamizadas	0,25 a 0,60
vias e passeios com pedras	0,15 a 0,30
superfícies não pavimentadas, quintais e lotes vazios	0,10 a 0,30
parques, jardins e gramados	0,05 a 0,25

fonte: WILKEN, 1978

Uma vez que estes valores representam um comportamento da superfície da bacia com relação ao escoamento das águas, seu conhecimento e avaliação são de fundamental importância no planejamento e equacionamento dos problemas de drenagem. Com este objetivo, na rotina de projetos em drenagem urbana, são utilizados mapas existentes, em que se pode avaliar as frações urbanizadas e não-urbanizadas das bacias. Em mapas cadastrais, com detalhamento de cada lote, é possível a delimitação dos padrões de ocupação dos terrenos, no tocante à sua impermeabilização por pavimentos, vegetação, telhados, e outros tipos de cobertura. Entretanto, este material de consulta nem sempre se encontra devidamente atualizado. Em função do crescimento urbano de cada cidade ou localidade, uma defasagem de alguns anos pode representar

uma significativa modificação nas características de escoamento e impermeabilização das bacias. A abertura de ruas, implantação de loteamentos, terraplenagens e aterros de algumas áreas na cidade pode responder por aumentos substanciais nos volumes de águas a escoar. Da mesma forma, em termos de planejamento e ações preventivas em drenagem, as medidas precisam estar embasadas em dados confiáveis e atualizados sobre as superfícies das bacias.

2.1.3 A Abordagem Estrutural

Na lida com os problemas de drenagem urbana, a abordagem conhecida como *estrutural* consiste basicamente na ampliação da capacidade do sistema através de obras convencionais de engenharia. Desta forma, são desenvolvidos projetos e implantadas obras para aumento de seção de galerias existentes ou implantação de novas galerias e canais. Estas intervenções são realizadas com base na avaliação de vazões que podem vir a ocorrer em cada trecho da bacia.

Simplificadamente, para pequenas bacias urbanas, o chamado "método racional" considera os seguintes fatores:

- um coeficiente médio de escoamento para a área [Tabela 1], estimando-se a impermeabilização para a área, para um período de tempo correspondente aos investimentos possíveis e à importância da obra;
- uma intensidade de chuva de projeto, obtida a partir de pluviógrafos ou, na sua inexistência, de equações correlacionando precipitações entre regiões geograficamente identificadas;
- área total que recebe e escoar as águas de chuva ("bacia ou área de contribuição").

A partir da vazão calculada, dimensiona-se a seção de escoamento necessária, definindo-se o diâmetro da galeria ou dimensões do canal a ser implantado ou ampliado.

Entretanto, além da ocupação crescente de espaços disponíveis, o crescimento urbano tradicional também significa maior impermeabilização dos terrenos, tendo por consequência maior escoamento de águas pela superfície. Além disso, conforme consta no documento de abertura do *International Workshop on Non-structural Flood Control in Urban Areas* [Simpósio Internacional em Controle Não-estrutural de inundações em Áreas Urbanas] - IRTCUD (1997): "... com as obras de ampliação de galerias, em geral

ocorre também uma transferência dos problemas para as regiões à jusante da área beneficiada. Acrescente-se ainda que usualmente o enfoque de planejamento utilizado no tratamento da questão da drenagem foi o do tradicional plano de diretor de drenagem que em geral significava plano diretor de obras de drenagem". Verificamos assim que a abordagem estrutural considera a questão da drenagem uma situação a ser enfrentada exclusivamente com obras na rede, a partir das quantidades de água calculadas com base numa situação estimada para a superfície dos terrenos. Não considera as possibilidades de gestão da bacia, de modo a prevenir sua impermeabilização desnecessária ou não planejada. Em resumo, com esta abordagem tem-se cada vez mais água a escoar (impermeabilização progressiva dos terrenos) e proporcionalmente menos capacidade de escoamento (terrenos disponíveis a custos viáveis). Este conflito levou os planejadores a questionar o problema da drenagem urbana sob novo ângulo: quais as possibilidades de modificação das características do sistema além da realização de obras para aumento de sua capacidade de escoamento?

2.1.4 A abordagem não-estrutural

Conforme TUCCI (1997), "As enchentes nas cidades brasileiras são um processo gerado principalmente pela falta de disciplinamento da ocupação urbana. O custo do controle desse processo é muito alto quando o desenvolvimento já está implantado." Em termos de custo e benefício, a manutenção de sistemas comprometidos pelo excesso de águas a escoar, frequentemente supera os custos de relocação da população para áreas mais adequadas. Porém, na maioria das vezes os custos sociais não comportam relocação de toda uma área urbanizada. Diante deste quadro se faz essencial o planejamento e a adoção de medidas que a médio e longo prazo modifiquem o comportamento de uma bacia em relação ao escoamento das águas.

Segundo FRANK (1993), as intervenções numa bacia hidrográfica podem ser divididas em:

- medidas estruturais: obras de ampliações de seções de escoamento; diques, represas; implantação de novos canais e galerias; etc.;
- medidas não-estruturais: plano diretor de drenagem; estudos e planejamento da bacia; manejo da cobertura vegetal; controle da impermeabilização de grandes

áreas; controle da ocupação de várzeas e zonas sujeitas a inundação; sistema de alerta, educação; legislação e gerenciamento.

Conforme IRTCUD (1997), recentemente tem sido objeto de maior atenção as medidas não estruturais como ações complementares ou alternativas para as medidas estruturais tradicionais. As medidas não-estruturais abrangem uma variedade de possibilidades, desde sistemas de alerta, educação da população e ações legais que possam controlar ou reduzir os problemas. A vantagem destas medidas é que em geral elas são menos dispendiosas, de fácil implementação e com uma maior abrangência e consolidação junto à sociedade. Entretanto, elas têm como requisito a participação ativa da população e necessitam de extensivos programas de educação coletiva e grande mobilização inter-institucional. Em reconhecimento à importância de tais medidas no manejo integrado de águas em áreas urbanas, a UNESCO iniciou no âmbito do Programa Hidrológico Internacional - Fase V, um projeto específico para avaliação da eficiência daquelas medidas. Como parte daquele projeto, através da representação brasileira do Programa, realizou-se em São Paulo em março do presente ano (1998), o Workshop Internacional em Medidas não-estruturais em Drenagem Urbana (IRTCUD, 1997).

2.1.5 Planejamento estratégico e integrado

Ainda conforme conforme IRTCUD (1997), a concepção moderna acerca da problemática da drenagem urbana envolve o planejamento urbano integrado, em que o sistema de drenagem faz parte de um sistema muito mais amplo de infra-estrutura urbana. Desta forma, não pode ser dissociado da problemática do lixo, dos esgotos sanitários, do sistema viário, do zoneamento urbano, do uso do solo, etc. Em termos institucionais, é preciso integração entre os diversos setores responsáveis e a população, para que os problemas de drenagem possam ser convenientemente equacionados. Exemplificando, não haverá muita eficiência num sistema hidráulicamente bem dimensionado se detritos e entulhos estiverem obstruindo as bocas de lobo, valas e galerias (Figura 3). Da mesma forma, será comprometido o sistema de drenagem na medida em que as áreas de encostas forem despojadas de sua cobertura vegetal, sem nenhuma medida para amenizar a velocidade das águas e seu poder erosivo, que terão

por consequência o carreamento de detritos e desagregação de solos, prejudicando extensas áreas.

Como estratégico, pode-se conceituar o planejamento em que são eleitas prioridades e um cronograma de ações em drenagem, para que uma sequência de obras e medidas não-estruturais seja a mais eficiente possível em seus resultados e benefícios para a área sob intervenção. Assim, devem ser previstas ações para desobstrução e limpeza de ruas e galerias, periodicamente e antes de qualquer intervenção em obras de drenagem. Analogamente, considera-se a previsão de ações educativas antes e no decorrer de obras de drenagem. Desta forma a população poderá ser melhor preparada para conhecer e conservar melhor o sistema, evitando hábitos que comprometam o funcionamento das bocas de lobo, valas e galerias. Evidentemente, tais ações integradas somente poderiam ser levadas a efeito com uma integração inter-institucional, prevenindo-se intervenções isoladas e inconsequentes em sistemas de infra-estrutura urbana. Ocupando espaços contíguos no solo e sub-solo urbanos, tais sistemas não podem prescindir de planejamento e gestão integrada para sua implantação e conservação de forma eficiente.



FIGURA 3 Acúmulo de detritos em canal principal de drenagem

Fotografia: Laboratório de Drenagem Urbana - ENS / UFSC

2.1.6 Plano Diretor de Drenagem

No contexto de planejamento integrado e estratégico, o plano diretor de drenagem envolve a utilização conjunta de medidas estruturais e não-estruturais. Envolve assim a consideração de aspectos legais, institucionais, ambientais e políticos dentro de um contexto integrado.

Com base no que é proposto por POMPEO e CARDOSO (1996) e TUCCI (1997), um plano diretor de drenagem deve contemplar os seguintes itens:

- Evitar medidas locais de caráter restritivo, através de um estudo da bacia hidrográfica em sua totalidade. Frequentemente, medidas localizadas deslocam os problemas para outros locais, chegando mesmo a agravar as inundações à jusante;
- Aplicar normas e critérios de projeto de forma homogênea em toda a extensão da bacia;
- Identificar as áreas que devem ser preservadas e selecionar as que podem ser adquiridas pelo poder público antes que sejam ocupadas, loteadas ou que seus preços se elevem e tornem a aquisição proibitiva;
- Elaborar o zoneamento da varzea de inundação (áreas baixas sujeitas a inundações periódicas, sendo parte do leito natural maior dos rios). Estas áreas podem ser destinadas a usos que não coloquem pessoas e bens materiais em risco durante as inundações, como campos de futebol e parques de lazer (Figura 4);
- Estabelecer o programa de intervenções distribuídas no espaço e no tempo, de forma tecnicamente adequada;
- Articular o plano de drenagem com outras atividades urbanas (abastecimento de água, esgotamento sanitário, planos viários, etc.);
- Informar a população sobre a natureza e a origem do problema das enchentes, assim como de sua magnitude e conseqüências, esclarecendo acerca das soluções possíveis e formas de prevenção a médio e longo prazos;
- Proporcionar respaldo técnico à solicitação de recursos;
- Contemplar a adoção de medidas preventivas de maior alcance social e menor custo;
- Articulação legal com planos diretores urbanos municipais e estaduais,

garantindo respaldo jurídico ao plano diretor de drenagem;

Em conclusão, verifica-se que as tendências de abordagem das questões em drenagem urbana apontam para a necessidade de integração inter-institucional e para o enfoque do problema em um contexto de planejamento e gestão da infra-estrutura urbana relacionada com o uso e ocupação do solo. Da mesma forma, verifica-se que a participação da população na gestão urbana tem papel primordial no enfrentamento adequado dos problemas de drenagem.

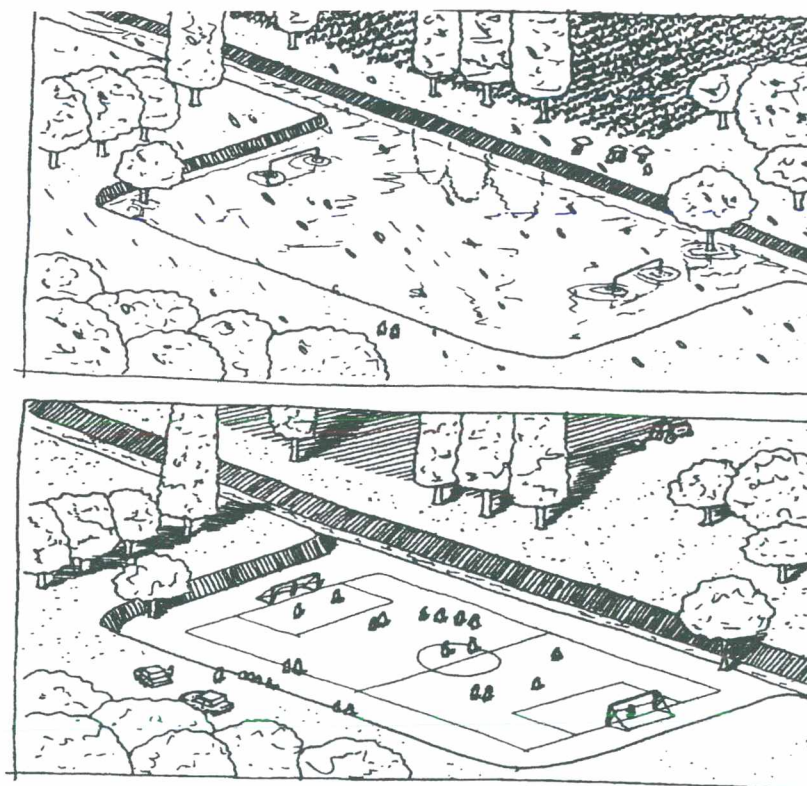


FIGURA 4. Exemplo de uso adequado de áreas baixas

Fonte: Mascaró, 1989

2.1.7 Simulação em modelos matemáticos

Sendo em grande número os fatores que interferem no escoamento das águas, uma das formas de melhor estudar o processo é através de sua simulação. Os computadores, devido a sua grande velocidade de cálculo e capacidade de memória, possibilitam o processamento de uma enorme quantidade de dados através de equações matemáticas que procuram reproduzir o comportamento da água ao longo de um percurso conhecido na bacia hidrográfica. Com dados de entrada tais como intensidade e duração de uma chuva, declividade, seção transversal do trecho em estudo e características da área de captação, podem ser calculadas níveis de água, velocidade e vazões esperadas, correlacionando-se assim uma chuva com a “resposta” dada pela bacia, em termos de características do escoamento das águas. Conforme LINSLEY & FRANZINI (1978) "...é possível programar todo o ciclo do escoamento e obter um fluxo contínuo de soluções por meio de incrementos elementares de tempo". Como exemplo, os autores citam um dos primeiros modelos conhecidos, o modelo de Stanford, que utiliza como dados de entrada os valores horários de precipitação e evapotranspiração (perda de água por evaporação e transpiração a partir da vegetação de cobertura dos terrenos). Para o cálculo da contribuição aos leitos fluviais, simulam-se as quantidades de água retidas por interceptação pelas folhas, infiltração no solo e outros fatores. O modelo é aferido em relação a uma determinada bacia, por tentativas, até que as vazões medidas sejam reproduzidas com exatidão.

A importância da simulação por computador para o estudo da drenagem consiste principalmente nos seguintes itens:

- (i) capacidade de realização de cálculos minuciosos relativos a pequenos intervalos de tempo, permitindo uma apreciação completa e controlada do complexo processo de escoamento;
- (ii) utilização de todos os dados disponíveis. Os estudos hidrológicos convencionais são baseados em chuvas selecionadas e grande quantidade de dados é desprezada. Evita-se assim a utilização arbitrária de coeficientes de escoamento, de intensidades de precipitação uniforme e considerações estimativas para outras características da bacia.

2.2 REPRESENTAÇÃO CARTOGRÁFICA

2.2.1 Conceitos

Segundo a Associação Cartográfica Internacional [Comissão para a Formação de Cartógrafos; Reunião na UNESCO, Paris, abril de 1966] apud JOLY, 1990, a Cartografia constitui "o conjunto dos estudos e das operações científicas, artísticas e técnicas que intervêm a partir dos resultados de observações diretas ou da exploração de uma documentação, em vista da elaboração e do estabelecimento de mapas, planos e outros modos de expressão, assim como de sua utilização". Conforme enfatizado por ROCHA (1994), para a representação plana da superfície terrestre a cartografia se utiliza de artifícios que tornam possível a representação de uma superfície curva sobre um plano, com um mínimo de distorção.

Nas atividades de projetos e planejamento em Engenharia e Arquitetura, a representação cartográfica é permanentemente utilizada. No trabalho com mapas, plantas e croquis, uma realidade física complexa e dinâmica passa a ser trabalhada com base em sua representação gráfica. Desta forma, nas dimensões de uma prancheta de desenho ou de uma tela de computador, uma gama variada e selecionada de detalhes e características de uma realidade física externa (uma região geográfica, um loteamento, um terreno) passa a ser manipulada e elaborada. Nestes procedimentos, frequentemente a representação cartográfica é utilizada de forma tão rotineira que importantes conceitos da Cartografia muitas vezes não são considerados. São conceitos que traduzem a transformação de uma situação real para os limites do papel e da percepção humana, e toda a simplificação da realidade realizada para que tal operação fosse possível. Assim, no trabalho com mapas, a percepção de distâncias, formas geométricas, proporções e altitudes relativas, por exemplo, precisa levar em conta as adaptações e recursos que possibilitaram a representação cartográfica de determinada área. São estas considerações que permitem ao usuário do mapa sua utilização com o conhecimento técnico adequado, necessário às medições e procedimentos usuais de projeto e planejamento.

2.2.2 Qualidades de um mapa

Segundo JOLY (1990), as qualidades de um mapa podem ser caracterizadas por itens como: precisão, exatidão, expressividade, legibilidade, eficácia e limites de percepção. Como embasamento ao presente trabalho, passamos em seguida a uma conceituação ilustrativa de cada um destes itens:

Precisão - Como precisão, o autor acima conceitua a qualidade de um mapa em que são mínimos os erros de posição, considerando-se a escala e os instrumentos empregados no levantamento e na confecção do mapa. Assim, um mapa é preciso quando a posição dos objetos e lugares representados é rigorosamente semelhante àquela ocupada na realidade. Complementarmente, em ANDRADE (1994), temos:

"precisão é a dispersão dos pontos de uma carta em relação a seus valores médios ou 'mais prováveis' (...), traduzindo assim a confiabilidade da carta, em termos de possibilitar ao usuário da mesma avaliar o erro médio cometido ao tomar direções e distâncias entre os diversos pontos nela representados."

Conceitua-se também a *precisão gráfica*, que segundo LOCH e CORDINI (1995), é a menor dimensão gráfica percebida pela vista humana, sendo assim a menor dimensão com representação possível no papel. Segundo as normas técnicas, esta dimensão é de 0,2 mm. Entretanto, considerações relativas ao conforto visual e finalidade dos mapas levariam a esta dimensão mínima a valores em torno de 1 mm ou até maiores. Tais valores estão diretamente correlacionados a valores de distâncias em campo, possíveis de ser representados no papel. Assim, em um mapa na escala 1:25.000, somente seria possível a leitura de distâncias superiores a 5 m no terreno real (correspondente a 0,2 mm no papel).

Em termos de uma bacia urbana de drenagem, este conceito significa a possibilidade de se fazer medições e considerações sobre pontos no mapa, que estarão relacionadas a incertezas na própria configuração espacial do escoamento e, conseqüentemente, às vazões calculadas em determinados pontos da área sob estudo. A verificação deste conceito em um mapa será possível com a avaliação amostral de pontos no terreno,

considerado o limite de representação imposto pela escala sendo utilizada. Exemplificando, numa escala de 1: 5.000, o menor ponto no mapa com identificação visual possível (considerada aqui cerca de 1 mm) corresponderá a 5 m no terreno. Pontos com erros inferiores a este valor não poderão ser avaliados naquela escala. Neste caso, face à necessidades específicas de conhecimento do escoamento e vazões, o mapa deverá ser utilizado com as limitações previamente conhecidas. Entretanto, conforme coloca BRITO (1987), a qualidade de um documento cartográfico é função principalmente do custo associado às decisões tomadas em função daquele documento.

No âmbito do presente trabalho, consideramos ainda o conceito de elemento mínimo a ser representado em um mapa, utilizado em modelagem hidrológica. Segundo WOOD (1988) apud MENDES (1996), define-se a Área Representativa Elementar como sendo aquela que se relaciona aos seguintes itens:

- geração de escoamento superficial dentro de uma bacia;
- tamanho e forma das sub-bacias e seu papel na resposta hidrológica;
- pouca influência da variabilidade de solos e precipitação entre sub-bacias.

Estes itens traduzem a necessidade de consideração de um elemento mínimo de área a ser representado para a finalidade do mapa sendo trabalhado. Este elemento, (também chamado de célula mínima), corresponde a menor área da bacia que tem influência nas respostas em termos de escoamento e vazão, face ao tamanho e características hidrológicas da bacia.

Exatidão - segundo JOLY (1990), consiste na qualidade de um mapa não conter erro de documentação, localização ou interpretação. Neste sentido, fica compreendido o aspecto relativo aos levantamentos em campo, a partir de documentação existente e as técnicas de interpretação de imagens utilizadas na elaboração do mapa. Para que possa ser efetivamente utilizado como representação da realidade, um mapa constitui produto sujeito a rigoroso controle de qualidade durante todo seu processo de confecção. Desta forma, devem ser conhecidos suas especificações técnicas de levantamentos, entidade responsável, sistema de projeção, documentos auxiliares utilizados e outras informações que permitam avaliar sua validade para o uso a que se destina.

Expressividade - Um mapa é expressivo quando atrai convenientemente a atenção

do leitor para os mais significativos aspectos do tema tratado. Neste sentido, a expressão cartográfica constitui uma "maneira de enfatizar os pontos considerados mais importantes e dar destaque às relações hierárquicas ou dialéticas que existam entre os diferentes componentes do sistema estudado" (Joly, 1990). Assim, um mapa com esta qualidade deverá contar com simbologia bem concebida, que evite perturbações visuais e interpretações equivocadas. Deverá ainda proporcionar ao leitor grande facilidade na percepção de diferentes níveis de importância entre elementos de mesma categoria.

Legibilidade - consiste na facilidade de se encontrar determinada informação em um mapa. Tal informação poderá ser diferenciada de outras e facilmente memorizada. Necessariamente, tal característica estará embasada nos limites visuais de percepção dos elementos num mapa, conforme abordado no item *precisão*. Como recursos básicos, são utilizadas as chamadas *variáveis visuais*, que segundo BERTIN (1973) apud JOLY (1990) constituem as entidades gráficas através das quais se pode exprimir a diferenciação local dos componentes de qualificação de um mapa (forma, tamanho, orientação, cor, valor, granulação). Assim, um número adequado de cores pode facilitar a leitura, enquanto uma quantidade exagerada deste atributo poderá causar perturbação visual, comprometendo a legibilidade de um mapa. Da mesma forma, a utilização descuidada de simbologia e categorias em níveis de informação poderá resultar em problemas para o entendimento e extração de informações de um mapa.

Eficácia - Ainda segundo JOLY (1990), um mapa é considerado eficaz: "quando é perfeitamente adaptado a seus objetivos, nos limites de sua escala e de seu sistema de projeção". Segundo o autor, isto implica em que ele seja:

- (a) conciso, com todos os dados necessários ao tratamento do assunto;
- (b) completo, cobrindo toda a superfície a que se refere; e
- (c) verdadeiro, mantendo-se dentro dos limites impostos pela documentação ou observação.

Na prática, a eficácia de um mapa é avaliada por sua funcionalidade na utilização, facilidade de manipulação, riqueza de informação, confiabilidade e facilidade de leitura. Está correlacionada também ao tempo necessário para a extração de informações a partir do mapa. "O melhor mapa é o que requer menos esforço, no mínimo espaço de tempo,

para atingir o objetivo visado" (JOLY, 1990).

Em conclusão a estas considerações acerca da representação cartográfica e qualidades dos mapas, chamamos atenção para a importância dos conceitos abordados, uma vez que os mapas são os veículos que nos trazem a informação de campo, de forma selecionada e sistematizada. Ao final do trabalho com aquela informação, os resultados obtidos são também expressos por meio da representação gráfica, fechando-se um ciclo em que os produtos gráficos gerados passam por sua vez a constituir novas informações. Assim, ao longo de certo tempo, a despreocupação com os conceitos citados terá como séria consequência negativa um efeito cumulativo nos erros de confecção, leitura e interpretação de mapas, que poderá comprometer a eficiência de projetos e planejamentos diversos. Segundo PEREIRA (1987) apud DUARTE (1991), " ... mesmo elementos aparentemente simples como um mapa-mundi podem ocupar julgamentos de valor". O que aquele autor declara genericamente em relação à responsabilidade da Geografia se aplicaria, proporcional e especificamente, em relação à confecção e usos de mapas temáticos em qualquer escala. Prossegue o mesmo autor: "...a Geografia tem uma responsabilidade muito grande à medida em que veicula uma determinada visão do mundo... Se o fizer de modo imperfeito, milhões de pessoas terão uma noção distorcida da realidade e, evidentemente, irão pensar e agir de acordo com ela"

2.2.3 Cartografia temática

Conceituada como um ramo da Cartografia que trata de temas específicos, de acordo com DUARTE (1991), a cartografia temática incluiria os mapas destinados a um público específico ou especial. Este conceito a distinguiria da Cartografia Geral, que inclui os mapas de uso geral, mapas topográficos, geográficos, etc. Buscando uma conceituação para a Cartografia Temática, aquele autor sugere que se trata da parte da Cartografia que diz respeito ao planejamento, execução e impressão de mapas sobre um Fundo Básico, ao qual serão anexadas informações através de simbologia adequada, visando atender as necessidades de um público específico.

Conforme MARTINELLI (1991) seria adequada à Cartografia Temática a definição de Salichtchev (1973) para Cartografia: "... é a ciência da representação e do

estudo da distribuição espacial dos fenômenos naturais e sociais, suas relações e suas transformações ao longo do tempo, por meio de representações cartográficas ... que reproduzem este ou aquele aspecto da realidade de forma gráfica e generalizada."

Segundo JOLY (1990), os mapas temáticos teriam como objetivo fornecer uma representação convencional dos fenômenos com localização geográfica possível, assim como de suas correlações possíveis. O autor aponta ainda que o termo Cartografia Temática se popularizou e se internacionalizou para designar todos os mapas que tratam de outro assunto além da simples representação do terreno. Neste contexto, a representação gráfica dos itens interferentes em um sistema de drenagem urbana, como a vegetação, a ocupação urbana e o ambiente hidrológico em que se localiza o sistema, constitui objeto da Cartografia Temática. A visualização de cada uma destas categorias representa um poderoso recurso para o planejador, pois lhe proporciona a avaliação dos parâmetros de superfície interferentes no escoamento das águas numa determinada bacia hidrográfica.

Com a função de representação de temas com grande especificidade, a Cartografia temática explora mais profundamente e até amplia os próprios recursos gráficos da Cartografia Geral. Assim as técnicas de uso adequado de texturas, cores, diagramação e representação quantitativas fazem parte do processo de representação de temas, buscando manter relação o mais direta e espontânea possível entre significantes e significados. Mantidas as considerações do item 2.2.1, se aplicam também aqui os conceitos referentes às qualidades de um mapa .

2.2.4 Cartografia digital

Segundo DALE & McLAUGHLIN (1990) o mapeamento digital consiste na elaboração de mapas a partir de dados espaciais sob forma numérica (digital) e não gráfica (referindo-se ao meio analógico, como papel). Pode ser dividido em três etapas ou operações:

- aquisição de dados;
- processamento dos dados;
- apresentação dos dados.

Uma divisão mais detalhada poderia ainda ser feita, com as etapas e respectivos

exemplos apresentados na Tabela 2.

TABELA 2 Componentes do mapeamento digital

Operação com dados	Exemplo
1. Aquisição	digitalização de linha
2. Classificação	alocação de código de feições
3. Estruturação	vetor, raster (matriz) e topologia
4. Re-estruturação	conversões raster-vetor
5. Edição	correções
6. Transformações	projeções dos mapas
7. Seleção	sobreposição de feições
8. Generalização	compilação de mapas em escalas pequenas
9. Realçamento	apresentação gráfica, simbolização
10. Análise	cálculo de áreas

Fonte: DALE & McLAUGHLIN (1990)

Nos primórdios do processo de mapeamento digital, havia usuários que o consideravam somente um aprimoramento dos recursos que já estavam à disposição daqueles que elaboravam mapas. Nesta linha de raciocínio, o processo era considerado uma simples evolução dos processos mecânicos para traçado de linha em um mapa, permitindo apenas mais velocidade e menos dependência de habilidade manual. Gradualmente, alguns benefícios adicionais foram percebidos, como os seguintes:

- re-desenho automático de mapas em escala modificada ou utilizando diferentes sistemas de projeção;
- sobreposição de dados;
- armazenagem de informação gráfica por longos períodos, sem distorção.

Logo tornou-se evidente que, com uma codificação adequada para cada feição num mapa, era possível a seleção por tipo ou por área das feições. Uma "feição" ou "entidade" é algo (como um prédio ou uma árvore) a que se relacionam dados, os quais são armazenados numa base de dados. Desta forma, poderia se desenvolver um recurso

que destacasse do mapa somente o sistema viário, ou somente os prédios dentro de uma área com determinado valor estimado. Tornou-se possível também a sobreposição de diferentes distribuições, por exemplo a coincidência de um tipo específico de uso do solo com um tipo específico de solo. Gradualmente, percebeu-se que alguns usuários somente necessitavam certos tipos e categorias de informações. Nos sistemas tradicionais de mapeamento, o cartógrafo escolhia o que seria mostrado; o usuário do mapa teria de aceitar tudo ou nada. De forma crescente, o usuário começou a requerer os dados de uma forma em que seriam mais facilmente explorados.

2.2.5 O Mapeamento da Drenagem urbana

Ao se considerar as abordagens estrutural e não-estrutural em drenagem (item 2.1.3 e 2.1.4), é fundamental um conhecimento adequado do ambiente físico e geográfico em que ocorrem os problemas, por parte dos técnicos e da população. Este conhecimento passa necessariamente pela percepção espacial de componentes básicos, como rios, córregos, valas e outros escoadouros da bacia de captação de águas pluviais. Além destes, precisam também ser bem visualizados em suas localizações relativas, elementos como encostas, baixadas, áreas de preservação, sistema viário principal e outras referências importantes. São itens fundamentais à percepção de todo o contexto em que ocorrem os problemas de drenagem.

Para o setor técnico, o mapeamento sobre base cartográfica adequada, atualizada e confiável, a localização precisa dos elementos constituintes do sistema e as características hidráulicas da superfície da bacia, constituem material de trabalho imprescindível. Sem este material não é possível a análise e o desenvolvimento de alternativas para gestão e intervenção no escoamento das águas.

Junto a população, a utilização de mapas com fácil leitura, em que características importantes para os problemas de escoamento das águas sejam facilmente visualizáveis, pode representar um grande avanço nas ações não-estruturais em drenagem. Dentre estas, teriam benefício direto as de cunho educativo ou mesmo as ações legais, cuja efetividade pressupõe um conhecimento mínimo do sistema.

2.2.5.1 A percepção do sistema de drenagem

Uma característica trivial do sistema de drenagem é ter grande parte de seu percurso abaixo da superfície. Assim, o conhecimento de suas características pela população é bastante limitado: em períodos de poucas chuvas ele se constitui num sistema "escondido", que pode ser visto apenas em trechos de rios, córregos ou valas abertas (Figura 5). Nos períodos de chuvas intensas, uma porção pode se tornar visível, porém em situação de sobrecarga. Nestas ocasiões, os transtornos causados, as prioridades de segurança e resguardo do patrimônio pessoal impossibilitam uma observação mais abrangente.

De um ponto de vista mais geral, verifica-se também um grande desconhecimento acerca do ambiente físico natural por parte da maioria da população residente em áreas urbanas. Além dos elementos artificiais da drenagem acima citados, deve-se considerar os elementos naturais. Córregos, valas, cobertura vegetal, solo exposto, áreas urbanizadas e declividades tem função primordial no comportamento das águas trazidas pelas chuvas. São itens frequentemente ocultos na paisagem urbana. Para a população, estes elementos ficam camuflados ou mesmo escondidos sob prédios, galpões, ruas, fundos de lotes, etc. Muitas vezes, encontram-se localizados em áreas de acesso difícil ou restrito, impossibilitando a visão de conjunto necessária à compreensão mínima do escoamento das águas pluviais.

Diante desta realidade, fica dificultada a percepção de relações causa-efeito, entre os diversos usos da superfície dos terrenos e o escoamento das águas de chuva. Como alguns exemplos temos:

- a deposição de lixo e entulhos de obras nos trechos de cotas mais altas, com o carreamento natural para trechos mais baixos dos córregos, valas e galerias, por ocasião de chuvas intensas;
- a implantação de acessos em encostas íngremes, sem respeito a declividades máximas;
- a impermeabilização dos terrenos por obras que não consideram as conseqüências do escoamento de maiores quantidade de águas pluviais para as áreas situadas em terrenos mais baixos.



FIGURA 5 Galeria de drenagem oculta sob as ruas

Fotografia: Laboratório de Drenagem Urbana - ENS / UFSC

2.2.5.2 O Mapeamento como medida não-estrutural em drenagem urbana

As medidas não-estruturais em drenagem urbana tem incluído itens como recuperação da cobertura vegetal em encostas; sistema de alerta e defesa civil; educação ambiental; legislação referente a áreas de proteção, dentre outras. Para sua efetiva implantação e assimilação, essas medidas pressupõem um conhecimento espacial mínimo das áreas abrangidas. Entretanto, conforme os itens anteriores, tal conhecimento permanece pontual, limitando-se as referências de localização e orientação percebidos por cada habitante.

Os mapas existentes

Nos órgãos de gestão urbana, os mapas disponíveis não se encontram em padrões que permitam uma boa percepção da realidade física pelos habitantes. Os padrões cartográficos normalmente utilizados objetivam principalmente a precisão e as informações de interesse técnico geral, como nomes oficiais das ruas, curvas de nível e

cotas topográficas. Sua confecção objetiva a utilização em medição e avaliação de parâmetros utilizados em projetos urbanísticos, de construção civil, etc.

Como fonte alternativa de informações, os mapas rodoviários disponíveis também não contemplam uma apresentação gráfica que atenda a necessidade de tradução dos mapas de uso técnico. Embora trazendo referências para localização do leitor nas cidades, em geral não constam nesses mapas os elementos de relevo e hidrografia em padrões visuais de fácil leitura e identificação, essenciais para o leitor sem formação técnica. De forma análoga, citaríamos os mapas turísticos normalmente editados por setores específicos das prefeituras ou entidades particulares. Com grande ênfase nos prédios e locais de interesse turístico, apresentam grandes simplificações e até deformações na representação gráfica. Sendo mais esquemáticos que cartográficos, objetivam a praticidade na manipulação e visualização dos itens selecionados. Normalmente estes tipos de mapas também não proporcionam a visão panorâmica e real do espaço urbano em suas características físico-geográficas mais importantes.

Os mapas necessários para a abordagem não-estrutural em drenagem urbana

Segundo a abordagem não-estrutural, um mapeamento adequado poderia almejar dois objetivos:

- a) o aprimoramento técnico do planejamento e intervenção nas características da superfície urbana com maior influência no escoamento das águas;
- b) um melhor conhecimento e percepção do sistema pela população.

Mapas para uso técnico

Com relação ao primeiro item, verifica-se que os mapas normalmente disponíveis nos órgãos técnicos carecem de informações que orientem os próprios técnicos para o desenvolvimento de medidas não-estruturais em drenagem urbana. Em muitos casos, os projetistas e planejadores se habituariam a fazer a leitura simplificada da realidade, a partir dos mapas. O que é visualizado no papel é constantemente considerado como representação verdadeira da realidade física da cidade. Frequentemente os mapas se encontram desatualizados em muitos anos, o que pode representar alterações significantes nos fatores intervenientes no escoamento das águas pluviais.

Para o uso técnico em avaliações quantitativas, os seguintes itens deveriam ser objeto de mapeamento atualizado:

- cobertura vegetal;
- ocupação dos lotes, referidos ao grau de impermeabilização dos terrenos (taxa de ocupação, áreas expostas);
- solos, segundo seus graus de permeabilidade;
- solos, segundo erosividade;
- declividades;
- altimetria, com maior densidade de curvas de nível em áreas críticas do relevo;
- rede natural e artificial de drenagem, com identificação dos trechos subterrâneos ou ocultos através de referências na superfície.

Mapas para a divulgação à população

Conforme já abordado, a perspectiva do espaço urbano percebida pela população está relacionada aos percursos, meios de transporte, prédios e espaços de referência do cotidiano. Sendo o sistema de drenagem urbana um sistema parcial ou totalmente oculto, a percepção da existência e localização deste sistema somente ocorrerá pela associação com as referências urbanas conhecidas na superfície dos terrenos. Tais referências constituem o dia a dia "visual" dos habitantes e facilitarão a assimilação dos mapas para a educação, a preservação e a conservação do sistema considerado globalmente.

Com o objetivo de divulgação à população, citamos alguns dos itens que devem constar nestes mapas:

- divisores de águas, com indicação de referências eventualmente existentes em seu percurso pela parte mais alta das elevações (mirantes, acessos, reservatórios de água, torres de telecomunicações, etc);
- localização pontual e denominação conhecida de loteamentos, prédios e casas comerciais de grande popularidade;
- uso de logotipos e ícones de fácil identificação;
- sistema viário principal e secundário; acessos conhecidos às encostas ocupadas; denominação conhecida das vias;
- encostas, com áreas de alta declividade identificadas através de tons progressivos

de cinza ou colorido;

- áreas inundáveis, (segundo registros factuais e probabilidade de ocorrência).

Conclusão

Seja no âmbito técnico, seja para a participação coletiva no enfrentamento de problemas, a visualização das áreas direta ou indiretamente envolvidas com a drenagem urbana requer a utilização de mapas adequados, em que constem as principais referências espaciais, facilitando a percepção e apropriação da realidade. Tais mapas, representando uma realidade bastante dinâmica no espaço e no tempo, precisam ser atualizados com a frequência que permita a assimilação das transformações que ocorrem no espaço urbano e que afetam diretamente os sistemas de infra-estrutura urbana.

2.3 COMPUTAÇÃO GRÁFICA

Nas aplicações convencionais em computação, o rápido registro e processamento de dados alfanuméricos por si só consistia o principal motivo da utilização de computadores. Entretanto, para as aplicações em desenhos, comuns nas áreas de artes, engenharia e arquitetura, os recursos de software e hardware anteriormente disponíveis se mostravam insuficientes. A manipulação de informações sob a forma de desenhos implicava numa capacidade muito maior para lidar com dados em grande quantidade e com atributos de localização espacial. Conforme ITIS (1995), em 1963 foi dado o primeiro passo no Massachusetts Institute of Technology - MIT - com o sistema "SKETCHPAD" de gráficos interativos, base de todos os sistemas gráficos até a época da publicação citada. Inicialmente caros e de operação complexa, somente eram utilizados por grandes indústrias, como a aeronáutica, em que os recursos vultosos de seus próprios projetos, justificavam investimentos também em computação. Com a evolução dos microprocessadores, recursos de memória, vídeo e programas gráficos, foi possível a obtenção de gráficos de alto nível em pequenos computadores.

Como principais aplicações, a computação gráfica se faz presente nos seguintes itens: elaboração e operação com gráficos para apresentação de estatísticas; características quantitativas de produtos e de fenômenos de interesse comercial, social ou científico, dentre outros; banco de dados gráficos, sendo exemplos os atlas geográficos, dicionários ilustrados e enciclopédias em CD-ROM; processamento eletrônico de textos, com recursos gráficos de diagramação e editoração eletrônica de alta qualidade; sistemas para desenho por computador (CAD - Computer Aided Drafting), em que as funções de uma prancheta de desenho são reproduzidos no computador; sistemas para modelagem e simulação gráficos (CAD - Computer Aided Design) em duas e três dimensões. Estes sistemas servem ao estudo de situações simuladas para produtos sendo projetados, com possibilidade de alterações de características de projeto no ambiente visual da tela, para posterior materialização em protótipos. Servem também à fabricação automatizada de grandes quantidades de peças (ex: indústria mecânica).

2.3.1 Estrutura de dados gráficos

Conforme DALE e McLAUGHLIN (1990), os dados digitais normalmente se encontram nas formas vetorial ou matricial (*raster*). Existem ainda estruturas de dados

que combinam as duas formas. Apresentamos em seguida algumas considerações sobre aquelas duas principais estruturas.

2.3.1.1 Estrutura matricial

É considerada uma das estruturas mais simples para a representação de dados gráficos, subdividindo o espaço a ser representado em células elementares (*pixels*), que podem ser considerados pontos de uma matriz. Na realidade, quando se considera a estrutura formada por malha quadrada, operações comuns em álgebra matricial podem ser realizadas. Estas operações apresentam aplicação direta em muitas situações, como a determinação de áreas comuns em figuras superpostas, ou a soma de áreas representativas de uma categoria espacial num mapa.

Frequentemente a distância entre pontos é igual tanto no sentido vertical quanto no horizontal, tendo as células a configuração geométrica de quadrados. Nesta estrutura, são pertinentes algumas considerações. Primeiramente o fato de que, para a precisão usualmente requerida em mapeamento, a reprodução de todos os elementos de área a partir do material original representa considerável espaço em memória, a ser locado para a imagem resultante em meio digital. Adicionalmente, a precisão possível estará condicionada ao tamanho da célula. Quanto menor o tamanho, maior precisão e mais espaço em memória alocado ao sistema computacional. STAR e ESTES (1990) chamam atenção ainda para a limitação geométrica implícita na estrutura raster, na medida em que qualquer locação de ponto desejada fica restrita a localização da célula. Fica caracterizada assim uma discretização do espaço em meio digital, espaço este que na realidade é contínuo, ao menos na escala em que os mapeamentos de interesse em planejamento urbano se realizam.

Uma outra consideração explicitada por aqueles autores diz respeito ao conceito de "vizinhança" de cada célula. Para uma célula quadrada, caso suas vizinhas sejam definidas em termos de direções paralelas aos lados dos quadrados, elas serão equidistantes da célula de referência (distâncias centro a centro dos quadrados). Haveria 4 células vizinhas, caracterizando uma "vizinhança com conexão de 4 elementos". Caso houvesse interesse em ampliar o conceito de vizinhança, seriam incluídas também as células das diagonais à célula de referência. Neste caso, a vizinhança apresentaria conexão com 8 elementos. Entretanto, não haveria equidistância entre os centros de

células constituintes da vizinhança, o que caracterizaria uma heterogeneidade indesejável em operações de busca de dados num espaço representado nesta estrutura. Alternativamente, se colocaria a utilização de células mínimas em formatos triangulares ou hexagonais, que poderiam resolver o problema de heterogeneidade de vizinhança. Porém, estas não são estruturas usuais, visto que sua utilização traz alguns inconvenientes: hexágonos não podem ser subdivididos continuamente em figuras de mesmo formato geométrico; um sistema de numeração e identificação para triângulos e hexágonos apresenta maior complexidade que o análogo para o formato quadrado. Além disso, o sistema composto por quadrados elementares se identifica imediatamente com o sistema cartesiano, com abcissas e ordenadas podendo definir qualquer ponto do espaço.

2.3.1.2 Estrutura vetorial

Nesta estrutura, cada ponto no espaço sendo representado pode ser associado ao conceito de vetor, ou seja, um certo valor associado a uma coordenada de origem, a uma direção e a um deslocamento. Nesta estrutura, não ocorrem as limitações de localização inerentes à estrutura matricial. Não há elemento mínimo no espaço sendo representado. A precisão de locação de qualquer ponto é matemática, ou seja, definida por um ângulo e uma direção, na precisão desejada. Assim, para a implantação de um círculo seria necessário somente seu raio e a localização de seu centro. Numa estrutura matricial, seria necessária a informação de localização (com a precisão possível, em função da célula mínima) de cada ponto formador de seu perímetro. Comparativamente, é evidente a diferença na quantidade de dados digitais gerados e a serem armazenados.

Muitos sistemas em computação gráfica, como os sistemas CAD utilizam modelos baseados em vetores em sua organização interna de dados gráficos. Estes sistemas utilizam figuras primitivas como pontos, linhas e círculos.

2.3.1.3 Comparação entre as estruturas de dados matricial e vetorial

Conforme STAR e ESTES (1990), uma estrutura de armazenamento de dados pode incorporar ou não a informação topológica. Poderá assim descrever não somente a posição de um objeto, mas suas relações espaciais com os objetos vizinhos. Este tipo de informação poderá ser importante em muitos tipos de análise, como por exemplo: a detecção automática de erros; a determinação da condição de um ponto, dentro ou fora

de um polígono; operações de proximidade (ex: evidenciação de elementos numa certa distância). Entretanto, caso a aplicação almejada não necessite de tal nível de informações, a complexidade extra nas operações com topologia poderá comprometer os trabalhos de criação e de atualização de uma base gráfica de dados.

Ainda conforme aqueles autores, alguns tipos de informação topológica estão implícitas nos dados espaciais. Numa estrutura matricial, por exemplo há uma organização espacial implícita para os dados, sem vazios, na malha da base gráfica de dados. A regularidade das sequências na matriz proporciona um sistema de referenciamento implícito. Isto permite um acesso aleatório rápido a localizações específicas na base de dados. Podemos assim conhecer imediatamente as células que estão adjacentes a qualquer ponto-alvo, sendo possível localizar e examinar regiões que estão vizinhas a um grupo específico de células.

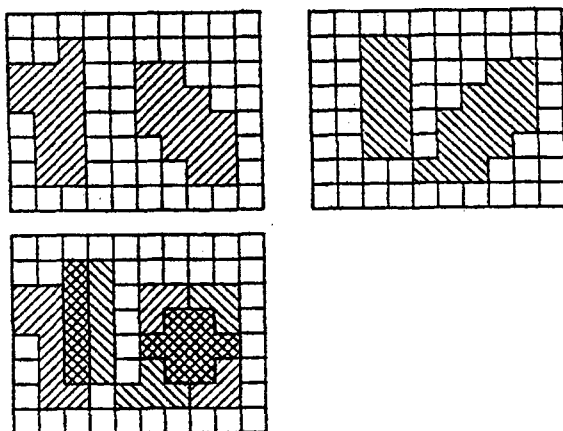
A comparação entre as estruturas de dados matricial e vetorial foi documentada por KENNEDY e MEYERS (1977) e DURFEE(1974) apud STAR e ESTES (1990), dentre muitos outros autores. A partir daqueles trabalhos, poderia se colocar que os aspectos básicos incluíam volume de dados (ou eficiência de armazenagem), eficiência na recuperação de dados, "resistência" à perturbações, eficiência na manipulação (ou processamento) de dados, precisão dos dados e apresentação dos dados. A avaliação comparativa entre o volume de dados é totalmente dependente do conteúdo da base de dados, e também de considerações de precisão e exatidão. Pode-se questionar a validade desta comparação entre as estruturas matricial e vetorial, por terem características tão distintas. Como ilustração, um conjunto de dados de cotas topográficas em geral é armazenado como uma malha completa de células numa estrutura matricial. Numa estrutura vetorial, seria utilizada a representação de linhas com a mesma cota, ou curvas de nível. São formas essencialmente diferentes de representação da informação espacial subjacente: a representação matricial é quase contínua, a vetorial é claramente discreta; neste caso, a representação matricial pode ser considerada mais densa que a vetorial, pois mais valores unitários são registrados.

Na atualidade, a comparação entre eficiências de processamento apresenta certas dificuldades. Tradicionalmente, as operações de sobreposição eram consideradas mais eficientes em sistemas matriciais.

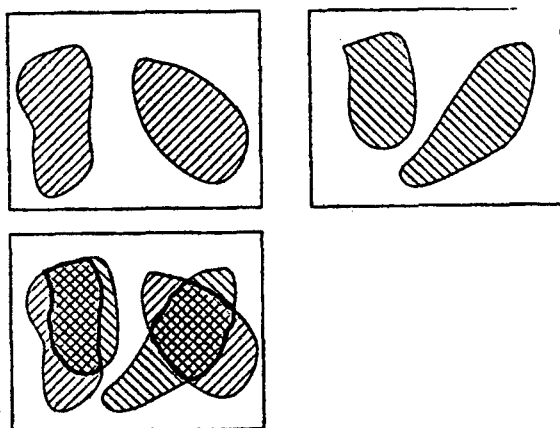
Nos sistema atuais, pode existir um meio eficiente de determinar a localização

aproximada de polígonos mantendo-se em separado numa base de dados índice. Com este recurso, a comparação de velocidade de processamento entre estruturas matricial e vetorial pode ser mais sensível aos dados espaciais em si do que à estrutura dos dados.

Em contraponto ao visto anteriormente, em DALE e McLAUGHLIN (1990), encontramos como vantagem na aquisição de dados em formato matricial o fato de ser "mais rápida, automática (cópia diretamente em scanner) e produzindo dados numa forma mais adequada a certos tipos de processamento (como a interseção entre dois polígonos - Figura 6). Como desvantagem, aqueles autores colocam que em outros tipos mais complexos de processamento é muito grande o volume de dados gerados. Acrescentam ainda que os dados vetoriais não são de fácil aquisição automática, porém são mais identificados com as técnicas de levantamento em campo.



Estrutura matricial: processamento pela simples identificação de pixels simultaneamente presentes nos dois conjuntos.



Estrutura vetorial: demanda de recursos de processamento para cálculo de todos os pontos da interseção.

FIGURA 6 Comparação entre as estruturas matricial e vetorial na operação de interseção entre duas áreas

Fonte: DALE e McLAUGHLIN (1990)

Em conclusão, sendo comum a existência de dados nas duas estruturas abordadas, e considerando-se a evolução dos recursos para conversão entre elas e o aperfeiçoamento das respectivas eficiências de processamento e armazenagem de dados, considera-se que a escolha entre um ou outro sistema não exclui necessariamente a abordagem híbrida. Em função dos dados gráficos de entrada disponíveis, e da disponibilidade de recursos de hardware e software para conversão e ferramentas para manipulação de cada uma das estruturas, pode ser interessante a manutenção inicial nos

formatos "de chegada" ao trabalho que vai se desenvolver. Minimiza-se assim custos de conversão e possibilidade de erros em processos intermediários. Adicionalmente, fica possibilitado o procedimento de análise na estrutura em que a eficiência ou precisão são melhores. Caso esta abordagem resulte mais complexa do que a armazenagem e manipulação em uma única estrutura de dados, o investimento em software/hardware para conversão será a opção indicativa do melhor caminho a se tomar.

2.3.2 Sistemas CAD

2.3.2.1 Introdução

O CAD (*Computer Aided Design*) se constitui em software aplicativo que permite projeto e desenho utilizando-se um sistema computacional. Os dados são introduzidos por dispositivos apropriados ou como dados numéricos. O sistema gráfico constrói e apresenta a imagem na tela, permitindo também sua manipulação e modificação.

Com a evolução da computação gráfica, os sistemas de desenho auxiliado por computador se tornaram cada vez mais acessíveis em custo e com operação de mais fácil assimilação. Representando, em relação ao desenho convencional em prancheta, uma gama de possibilidades extras de operações na tela (reprodução de detalhes repetitivos, memorização de padrões gráficos, por exemplo), os sistemas CAD significam também o aprimoramento de qualidade, necessário à representação gráfica para uso técnico, sem as limitações normais em meio analógico. No desenho em meio digital deixam de existir as limitações dimensionais e físicas do papel em uma prancheta. O espaço de trabalho pode ser ampliado em muitas vezes, convencendo-se na tela as dimensões necessárias à manipulação de todo um projeto. Exemplificando, com operações simples há possibilidade de superposição e sobreposição de desenhos, evidenciando-se características comuns ou diferentes com simples acionamentos de comandos pré-configurados.

Conforme ITIS (1995) "À medida em que conquistaram novos territórios, os softwares de CAD mais sofisticados, os chamados *high end*, migraram de pesados *mainframes* [computadores de grande porte] para pequenas *workstations* [estações de trabalho] munidas de telas de altíssima resolução, e de preço mais acessível.... Os softwares de CAD conhecidos como *low end* rodam em microcomputadores e estão ao alcance de usuários individuais... Sistemas *low end* podem ser associados aos *high end*

para elaboração de projetos de maior porte. Em indústrias mecânicas, por exemplo, é comum encontrar os projetistas trabalhando em *workstations* e os desenhistas em microcomputadores".

2.3.2.2 Evolução do sistema CAD

Sistemas CAM

Conforme KORTE (1994), sendo substitutos para o desenho manual em papel, os sistemas CAD não são sistemas específicos para aplicações em cartografia. Entretanto, à proporção em que evoluem nestes sistemas os recursos de processamento e armazenagem de dados gráficos e alfanuméricos, ampliam-se também as possibilidades de aplicações em cartografia enquanto representação de mapas em meio digital. Foram desenvolvidos então os sistemas CAM (*Computer Aided Mapping*) de mapeamento auxiliado por computador, em que os dados são distribuídos por níveis de informação, correspondendo a planos superpostos sobre uma mesma área de desenho, em analogia à transparências desenhadas sobre uma prancheta. Consegue-se assim em meio digital a representação cartográfica de temas específicos, como vegetação, sistema viário, relevo, geologia, etc.

Sistemas AM/FM

Baseados na tecnologia CAD, os sistemas AM/FM podem ser traduzidos como sistemas para o mapeamento automático e gerenciamento de sistemas de infra-estrutura urbana. Apresenta também recursos de plotagem de mapas, mas sem a precisão normalmente encontrada nos sistemas CAM. Um sistema AM/FM trabalha com o conceito de redes. Este sistema apresenta uma capacidade de preservação dos nós ou interseções, que são definidos em relações de conectividade através de arquivos. Nos arquivos são registradas informações acerca da geometria do sistema sendo trabalhado (ex: rede de abastecimento de água, com derivações, anéis, acessórios, etc.). Associados aos arquivos gráficos, os sistemas AM/FM apresentam também arquivos não gráficos, em que são armazenadas as informações alfanuméricas referentes aos componentes do sistema ou rede que está sendo representado. Desta forma, informações como especificações de componentes da rede, acessórios, e quantidades de materiais podem ser rapidamente acessados através de consultas em ambiente gráfico na tela de terminais

conectados ao sistema AM/FM.

2.3.2.3 Características dos sistemas CAD

A. Estrutura e armazenagem de dados

Os sistemas CAD armazenam os dados de imagens com base em coordenadas e atributos. Trabalha assim com a estrutura vetorial de dados. Uma linha é definida por seu comprimento, orientação, localização, cor e espessura. Dados numéricos podem ser armazenados e acessados num banco de dados, que podem ser utilizados em aplicações interativas com outros *softwares*, gerando por exemplo relação de materiais, orçamentos, etc.

B. Espaço de desenho

Num sistema CAD o espaço de desenho é ilimitado, visualizando-se na tela do computador apenas a fração desejada deste espaço. Assim, é possível o trabalho em desenho em tamanho real ou em dimensão que convier ao projetista, em função da visualização panorâmica ou de detalhes do desenho na tela. A escala em que o desenho será impresso poderá ser selecionada ao final do trabalho.

No espaço de desenho é implantado um sistema cartesiano de coordenadas, em que será apoiado o desenho, similarmente ao que ocorre numa prancheta real. A quantidade de pontos em que é dividido o espaço de desenho depende da resolução máxima a que se pretende chegar em determinada aplicação. Exemplificando, caso o interesse seja no detalhamento máximo em termos de milímetros, para uma peça com 3,20 m de comprimento, a menor divisão do espaço de trabalho será o milímetro (sub-unidade de trabalho), com a unidade principal configurada em metro.

C. Entrada de dados

Em geral, a entrada de dados num sistema CAD é realizada através de comandos digitados no teclado (de uso cada vez menos frequente), acionamento interativo pelo mouse, de menus ou ícones na tela ou através de mesa de digitalização onde são acompanhadas as linhas a serem transferidas para o meio digital.

D. Digitalização em sistemas CAD

Para a conversão de desenhos em meio analógico (papel comum, cópias heliográficas, papel vegetal, etc.) para o meio digital, o sistema CAD é conectado a uma mesa digitalizadora, que constitui uma mesa plana em que se fixa o mapa ou desenho original a ser digitalizado (vetorizado, neste caso).

Como dispositivo eletrônico de entrada de dados, a mesa digitalizadora apresenta características específicas de resolução e precisão. Conforme STEFANOVITC e TEMPLI (1982) apud TEIXEIRA e SCARIM(1994), temos:

- resolução - menor distância que pode ser medida ao longo dos eixos vertical e horizontal da mesa, em função do espaçamento entre os condutores que formam a malha. Situa-se entre os valores de 0,0025 e 0,025 mm;
- precisão - erro máximo após uma série de medidas realizadas sobre um mesmo ponto na mesa. Situa-se entre os valores de 0,025 e 0,25 mm, sendo correlacionada ao tipo de equipamento.

Conforme DALE e McLAUGHLIN (1990), as linhas podem ser digitalizadas nos seguintes modos:

- ponto a ponto: um botão pressionado no cursor registra um par de coordenadas para o ponto sendo digitalizado na mesa;
- modo contínuo (*stream*): pode ser operado com base em distâncias regulares, com registro de pontos a cada intervalo pré-definido pelo usuário; pode operar também com base em intervalos de tempo, com registro de ponto a cada n segundos ou fração.

Na definição do modo de digitalização, fatores como o uso de memória do computador e a quantidade de pontos (dados) nos desenhos precisam ser considerados.

D.1 Parâmetros para digitalização em modo contínuo

A fixação dos parâmetros *delta*, *ângulo* e *tolerância* para digitalização em modo contínuo (*stream*) define a quantidade de pontos a ser tomado ao longo de cada linha digitalizada. Tais pontos representam *dados* sendo introduzidos no arquivo gráfico de trabalho. Estes dados ocupam espaço em memória no computador. A quantidade de dados no arquivo determinará o tempo de acesso, processamento e a funcionalidade do

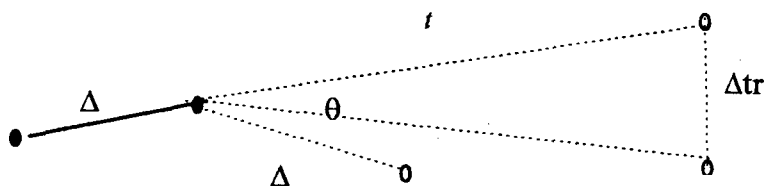
arquivo para todas as operações corriqueiras em meio digital, como edição, cópias, envio via redes, etc. Desta forma, a definição dos parâmetros de digitalização precisa contemplar as reais necessidades de entrada de dados, em função da escala e da precisão pretendidas para os produtos gráficos que estão sendo gerados.

Os parâmetros de controle de digitalização em modo contínuo são conceituados conforme a seguir:

delta (Δ) = menor distância entre dois pontos registrados ao longo do curso do dispositivo de digitalização ("mouse") sobre a mesa; quando esta distância é excedida após um ponto ter sido registrado, novo ponto será registrado como componente da linha que estiver sendo digitalizada;

tolerância (t) = maior distância entre dois pontos conforme acima descrito; esta é a distância máxima entre dois pontos registrados, desde que o desvio angular entre eles não exceda o ângulo máximo definido pelo usuário;

ângulo máximo (θ) = ângulo formado pelas retas definidas por dois pontos já registrados e um terceiro ponto a ser registrado em sequência. Objetiva limitar o desvio transversal durante a digitalização. Quando este ângulo é excedido, um ponto é registrado com a distância Δ a partir do último ponto registrado. Se a variação angular for menor que θ , então o próximo ponto será registrado a uma distância igual à tolerância (t). A Figura 6 ilustra a relação entre estes parâmetros.



- | | |
|------------------------------------|---|
| ● - pontos registrados | Δ - menor distância entre pontos |
| ○ - pontos a registrar | t - distância máxima entre pontos |
| Δ_{tr} - desvio transversal | θ - máximo desvio angular |

FIGURA 7 Parâmetros para digitalização em modo contínuo

Segundo RODRIGUES (s/d) para a digitalização em linha contínua, deve-se utilizar um valor angular θ de 5° , com Δ igual ao erro padrão cartográfico (EP) e fixando-se a tolerância t como o dobro do erro padrão. Essa configuração assegura uma digitalização com linhas contínuas e dentro da precisão cartográfica requerida. Segundo WOLSKI (1997) o valor recomendado para o ângulo corresponde a um limite de desvio transversal Δ_{tr} nos erros de digitalização sobre a mesa, prevenindo a propagação deste tipo de erro e impedindo que seja superior ao valor admitido para a menor distância entre dois pontos registrados em sequência (Δ).

2.4 BANCO DE DADOS

2.4.1 Conceitos

Em termos gerais, um banco de dados pode ser entendido como um agrupamento ordenado de dados. Poderá estar ordenado através de tabelas ou listas, em ordem numérica, alfabética, crônológica, ou outras. Conforme MICROSOFT PRESS (1993), um banco de dados seria "qualquer conjunto de dados com grande volume de informações." Aquela fonte esclarece ainda que o termo inglês "data base" também é traduzido como banco de dados, embora apresente significado diferente. Em termos gerais seria também "qualquer conjunto de dados", porém em âmbito mais específico significaria um arquivo ou tabela formado por uma série de registros, cada qual subdividido em colunas de determinado tipo, juntamente com um elenco de operações que facilitam a pesquisa, a classificação, a reorganização de dados e outras atividades similares. Em termos de utilização de meios digitais, o banco de dados pode ser entendido como um conjunto de tabelas inter-relacionadas, com capacidade de controle e manipulação dos dados ali armazenados.

Um conceito que ganhou porte com a utilização de dados em grande escala foi o de *sistema de bancos de dados*. Trata-se de um sistema computacional para arquivamento de linhas e colunas em sequências de dados, que poderão ser acessados e manipulados mediante rotinas de controle e segurança previamente estabelecidas. Conforme DATE (1985) basicamente, consiste num sistema de armazenagem de dados em computador, isto é, um sistema cujo objetivo global é registrar e manter informação. Em termos conceituais, a denominação de "sistema de banco de dados" em geral se confunde com a

denominação "banco de dados", uma vez que atualmente na imensa maioria dos casos toda a manipulação de dados não pode prescindir de um sistema (digital) de controle.

Como ilustração de um sistema e sua relação com os usuários, programas e dados, em termos simplificados temos a representação expressa pela Figura 7.

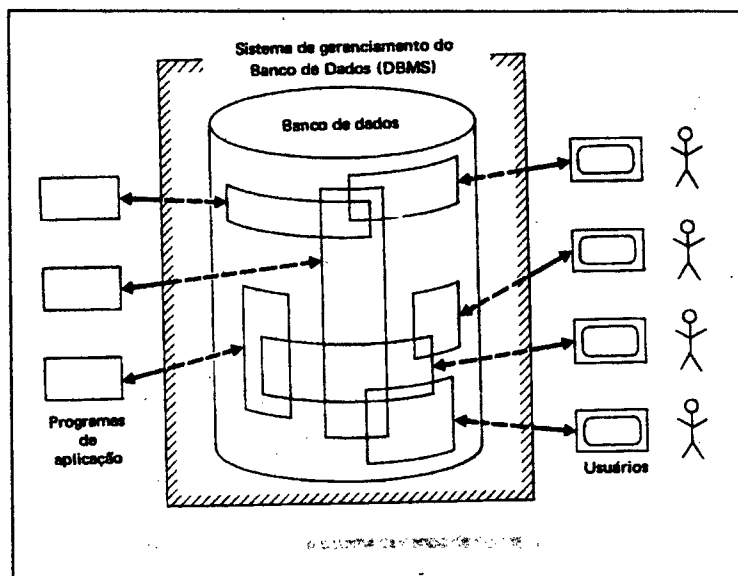


FIGURA 8 Sistema de banco de dados - representação esquemática

fonte: DATE (1991)

Outro conceito de grande importância é o de *manipulação* de dados, compreendendo as seguintes operações básicas:

- inserção ou armazenagem de registros, que se refere à entrada dos dados ;
- modificação ou "atualização", permitindo a manutenção de dados atuais e compatíveis com as aplicações desejadas;
- recuperação, que consiste no acesso e disponibilização de dados registrados em qualquer época no sistema;
- remoção, possibilitando a exclusão de dados inadequados ou indesejáveis.

Constatando-se extensa terminologia específica no que se refere a banco de dados, optou-se pela abordagem de alguns termos considerados essenciais, conforme segue.

Linguagem de consulta ao banco de dados (query language) - Trata-se de uma linguagem de "alto nível" (mais próxima da linguagem do usuário do que da linguagem da máquina) que permite a manipulação dos dados, através de comandos e sequências lógicas. São exemplos as linguagens SQL, DBASE e ORACLE. Estas linguagens facilitam a comunicação do usuário com a máquina, dispensando a habilitação na linguagem de máquina. Entretanto, em função do usuário final, condições de uso e características técnicas dos computadores, as linguagens de consulta apresentam também a desvantagem de depender de maiores recursos em meio digital para decodificação para a linguagem da máquina. Este é um dos motivos da utilização de linguagem de máquina pelos profissionais de informática em suas atividades.

As linguagens de consulta, sendo uma interface entre o usuário e os dados, tendem a ser aperfeiçoadas para se tornar cada vez mais acessíveis ao usuário (se aproximando de sua linguagem natural) e mais eficientes em termos de processamento.

Sistema de Gerenciamento de Bancos de Dados - São sistemas que possibilitam ao sistema de banco de dados a execução de funções de gerenciamento. Conforme LEITE (1980), "A partir da necessidade de separação entre problemas específicos de aplicações e problemas de armazenamento de dados, e da necessidade de controle centralizado dos dados ..." surgiram os sistemas de gerenciamento de bancos de dados. Os sistemas computadorizados de informações tem evoluído para uma abrangência cada vez maior, aumentando em consequência o grau de complexidade para sua construção e manutenção. Inicialmente, as aplicações eram feitas para um universo limitado ao âmbito de um departamento ou de um grupo de usuários. Desta forma, cada empresa possuía diversos sistemas, ocorrendo duplicidade de dados e dificuldades em administrar consultas por vários usuários e atualização de dados com a frequência desejável. Assim, um dos principais objetivos do sistema de gerenciamento de banco de dados é permitir a independência entre dados e programas aplicativos. O sistema gerenciador de banco de dados é responsável pela leitura dos comandos da linguagem de consulta, sua análise e execução, se colocando assim, também, entre os dados e o usuário.

Catálogo do banco de dados - Um sistema de banco de dados é constituído de tabelas contendo os dados, criadas pelos usuários segundo seus interesses. Além

daquelas, fazem parte também do sistema as tabelas utilizadas pelo próprio sistema na administração dos dados. Este conjunto de tabelas é relacionado numa estrutura conhecida como *catálogo* do banco de dados. O catálogo fornece informações acerca do conteúdo do banco de dados, tipos de tabelas, seus campos e sua constituição em linhas e colunas. Tendo a mesma estrutura das tabelas de uso normal em banco de dados, o catálogo pode também ser consultado, fornecendo informações de interesse para o gerenciamento e melhor utilização do banco. Entretanto, o catálogo normalmente é controlado pelo sistema, não sendo permitido ao usuário sua modificação.

Banco de dados relacional

Trata-se de uma coleção ordenada de tabelas ou arquivos que representam objetos, suas propriedades e as relações entre estes objetos. Num banco de dados relacional, as tabelas tem uma coluna comum (também chamada "campo" em alguns programas), que relaciona uma tabela com outras. A coluna comum é denominada de *chave primária*. Exemplificando, tratando-se de dados colhidos em pontos do terreno, esta chave poderia ser a identificação do ponto ou, caso o interesse maior fosse a ocasião da coleta de dados, a coluna comum poderia ser a hora e data de referência.

Os bancos de dados relacionais tem ganho grande popularidade por simular de modo muito parecido o modo como se trabalharia com os dados em meio analógico. Desta forma, são de mais fácil assimilação e utilização. Permitem ainda a seus projetistas a utilização de teorias matemáticas de conjuntos, já conhecidas e bem consolidadas. Conforme MICROSOFT (1993), "... os bancos de dados relacionais utilizam a comparação de valores de duas tabelas para associar as informações que elas contém. A maioria dos softwares de bancos de dados para microcomputadores possui características relacionais".

Tabelas - Num banco de dados relacional, cada tabela é um conjunto de informações acerca de um tipo básico de objeto ou entidade. Cada entidade individual é representada por uma linha e seus atributos correspondem a colunas. Assim, na construção de um modelo relacional, é necessário identificar-se as entidades, seus atributos e determinar a relação entre eles.

Entidades - correspondem às linhas nas tabelas. Sob esta denominação, no trabalho com banco de dados se considera pessoas, lugares ou objetos. Correspondem à característica física representada em arquivo gráfico, à qual serão relacionados atributos não-gráficos. Estes atributos estarão armazenados numa tabela ou num conjunto de tabelas inter-relacionadas. Normalmente, a estrutura das tabelas está baseada nas propriedades das entidades representadas no arquivo gráfico.

Atributos - São as colunas nas tabelas. Após a identificação das entidades, deve ser verificado que atributos ou informações são necessárias a respeito de cada entidade. Eventualmente, é interessante a elaboração de uma relação com todos os atributos possíveis e suas possibilidades de organização em forma de tabela. Deve-se pensar em atributos que serão realmente necessários, pois sempre será possível a inclusão de novos atributos no futuro, a partir de necessidades detectadas na prática.

Relações entre entidades e atributos - constituem as formas de correlação necessárias para a utilização dos dados disponíveis nas tabelas. O elemento chave para estas correlações se encontra na identificação de atributos comuns entre as tabelas. Eventualmente uma terceira tabela será utilizada para correlacionar outras duas já existentes.

Dado e informação - em várias obras na literatura técnica geral estes termos são tratados como sinônimos. Entretanto, segundo DATE (1985) alguns autores consideram "dado" o termo referente aos valores fisicamente registrados no banco de dados. "Informação" se reporta ao significado destes valores para algum usuário. Em outros casos, se considera informação o dado após alguma forma de manipulação. Entretanto esta concepção não invalida a anterior, visto que ao ser trabalhado um dado implicitamente ficou sujeito a um significado específico para alguma finalidade bem definida pelo usuário. No âmbito do presente trabalho não se considerou de maior relevância a precisão na utilização específica destes termos.

2.4.2 Vantagens na utilização de bancos de dados

Na lida com grandes quantidades de dados em meio analógico, são comuns os problemas para acesso (achar alguma coisa em meio a formulários, listas, etc.), organização (manipular grande quantidade de informação) e atualização dos dados (manter sempre em dia todas as informações).

Com a utilização de computadores, com capacidade de acesso e velocidade de processamento muitas vezes superior aos meios convencionais, a utilização de bancos de dados se mostrou como imprescindível em diversas aplicações, sendo itens de maior importância os seguintes:

- compactação dos dados originais em arquivos, condensando grande quantidade de informação, de forma muito vantajosa em relação aos meios convencionais em papel;
- velocidade de resposta a consultas, possibilitando rápido acesso a informações em meio digital, o que em meio analógico demandaria demoradas operações de busca e seleção de sub-conjuntos de dados até o ponto desejado para extração de informações específicas;
- automatização de tarefas repetitivas, estafantes para o operador humano, mas que com o uso de programas e equipamentos adequados se tornam operações rápidas e com muito menor possibilidade de erros;
- capacidade de atualização dos dados, representando a disponibilidade de informações atuais a qualquer momento, de forma precisa e segura;
- flexibilidade no formato de apresentação da informação, por ordem alfabética, cronológica, numérica, em forma tabular ou em relatórios;
- possibilidade de compartilhamento de muitos dados entre vários usuários, com preservação dos dados de acordo com a habilitação de cada usuário.

2.4.3 Bancos de dados gráficos

Analogamente aos dados alfanuméricos, dados gráficos como mapas, fotografias, imagens e desenhos fazem parte do nosso dia a dia. Por sua natureza distinta e por se constituírem em estímulos visuais menos abstratos que os dados alfanuméricos, os dados gráficos não receberam inicialmente o mesmo tratamento sistemático (tabelas, listas) que aqueles. Além disso, em seus primórdios, a informática não contava com os recursos de

hardware e software que possibilitassem um tratamento sistemático adequado em meio digital para os dados gráficos. Sendo geralmente conjuntos com quantidade muito maior de informação por unidade (o que pode ser bem evidenciado quando se realiza a descrição textual de uma foto, por exemplo) as demandas em capacidade de memória e velocidade de processamento são bastante superiores àquelas para os dados não-gráficos. Com a evolução tecnológica, estão sendo gradualmente supridas estas demandas, sendo hoje possível também a organização de dados gráficos em bancos de dados, análogos aos bancos de dados alfanuméricos. As estruturas de dados gráficos com aplicação em mapeamento em meio digital foram tratadas no item 2.2.3.

2.4.4 Integração de dados gráficos e alfanuméricos

Dois importantes grupos de dados fazem parte de nosso dia a dia: dados gráficos e dados alfanuméricos. No âmbito das aplicações tecnológicas estes dois tipos de dados se apresentam de forma bastante interdependente, em que um conjunto de desenhos ou imagens tem sua utilização bastante prejudicada se não puder ser disponibilizado simultaneamente com textos e tabelas a eles correlacionados. Em trabalhos de engenharia, por exemplo, é comum a coleta e organização dos dados alfanuméricos em tabelas ou planilhas de cálculo, em que estes dados são processados e transformados em informações que poderão ser analisadas e servir de subsídio à tomada de decisões.

Com os atuais recursos em meio digital, dados alfanuméricos podem ser rapidamente referenciados a dados gráficos. Após esta etapa, torna-se possível a manipulação simultânea dos dois tipos de dados, agilizando sobremaneira o processo de concepção de desenhos ou imagens que expressam alternativas de trabalho. Fica assim facilitada a tomada de decisão em função da situação real representada. A seguir são abordados alguns itens diretamente relacionados à possibilidades de integração entre dados gráficos e dados alfanuméricos em meio digital.

Utilização de recursos do sistema CAD

Na reunião de dados alfanuméricos com dados gráficos, uma possibilidade oferecida por alguns programas aplicativos é o referenciamento de entidades gráficas através de indexadores, em que dados alfanuméricos podem ser registrados. No âmbito da cartografia temática, isto permite o referenciamento geográfico de informações alfa-

numéricas, como a identificação de ruas, densidades de ocupação, quantidades de espécies vegetais por unidade de superfície, etc.

Como vantagem, este recurso apresenta uma menor alocação de memória e estruturas de processamento e conexão entre programas no computador. Sendo recurso próprio do programa aplicativo, em geral um sistema CAD, permite a manutenção e manipulação de dados alfanuméricos junto aos próprios arquivos gráficos. Em termos práticos, ficam facilitadas as operações de salvamento cópia e acesso às informações. Uma outra vantagem é a possibilidade de exportação dos arquivos por outros sistemas CAD, que também poderão ter acesso aos dados alfanuméricos. Entretanto, face a quantidade de dados alfanuméricos em geral relacionados aos arquivos gráficos, este recurso pode não permitir o registro e manipulação mais complexa de todos os dados desejados. Além disso, o aumento do tamanho dos arquivos poderá resultar desvantajoso em relação ao uso de um sistema de banco de dados independente. Arquivos muito grandes resultarão em dificuldades para acesso, salvamento, cópias, transmissão via rede, etc.

Utilização de sistema de bancos de dados

Para a integração de dados gráficos e alfa-numéricos tem sido comum a utilização de bancos de dados relacionais, que são atualmente os mais populares disponíveis no mercado (BENTLEY, 1995). O banco de dados relacional é então utilizado em conexão com o programa empregado para a manipulação das feições gráficas. Soma-se assim a capacidade e agilidade para armazenagem e manipulação, característica do banco de dados, com as ferramentas de elaboração e recursos para visualização de desenhos, que constituem domínio dos programas gráficos tipo CAD e SIG.

Interface de banco de dados

É constituída de um conjunto de ferramentas e configurações que permitem a associação de uma linha do banco de dados com algum elemento gráfico no desenho. Após esta associação ter sido efetivada, torna-se possível o acesso e a manipulação de dados a partir do ambiente do programa em uso. Qualquer consulta ao banco de dados pode ser transformada em resposta gráfica na tela. Inversamente, consultas à desenhos na tela em conjunto com os dados a eles associados no banco de dados poderão resultar

em relatórios para apresentação de resultados.

Na investigação metodológica abordada neste trabalho será verificada a interface para a utilização do software de banco de dados *Microsoft Access* em conjunto com o programa *Microstation Geographics*.

2.5 SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS - (SIG)

2.5.1 Sistemas de informações

Sistemas de informações são essenciais em uma infinidade de setores da sociedade organizada. Segundo STAR e ESTES (1990), a função de um sistema de informações é aumentar nossa habilidade na tomada de decisões. Tal sistema compreende desde o planejamento da identificação e coleta de dados até sua armazenagem e análise, para utilização em algum processo de tomada de decisão. Como exemplos, teríamos:

- informações de população (por idade, sexo, escolaridade, etc.) de uma cidade;
- cadastro de clientes de um banco (por agências, faixa de crédito, etc.);
- registro de carros particulares numa cidade, por tipo, capacidade, placa.
- dados de campo referentes a uma bacia hidrográfica (níveis da água em rios, vazões, seções de escoamento, etc.)

Ainda segundo aqueles autores, um esquema simplificado de um sistema de informações seria o da Figura 9:

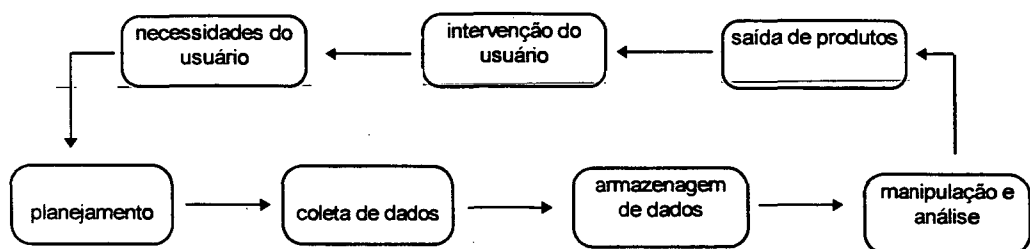


FIGURA 9 - Fluxos de informações num sistema

2.5.2 Conceito de SIG e considerações

A partir do conceito de sistema de informações acima, um mapa poderia ser considerado um sistema de informações, pois para sua confecção foi desenvolvida toda uma sequência de trabalho com dados. Informações derivadas de um mapa poderão ser subsídios essenciais à uma tomada de decisão.

Um sistema de informações geográficas poderá ser entendido então como um sistema de informações concebido para trabalhar com dados referenciados a coordenadas espaciais ou coordenadas geográficas. Tal sistema poderá ser analógico, constando de mapas, transparências, tabelas, fotografias, desenhos, etc. Para sua operação, o usuário manipulará todo este material de forma a cruzar informações e gerar resultados na forma de outros mapas, relatórios ou tabelas, etc. Entretanto, muitas são as dificuldades normalmente encontradas ao se trabalhar com grandes quantidades de dados gráficos ou alfanuméricos: necessidade de muito espaço para estocagem adequada de material e equipamentos; mesas especiais e painéis especiais para manipulação de mapas; demora nas operações de superposição de mapas e referenciamento de dados alfanuméricos a localizações específicas, demora no acesso aos dados, etc.

Conforme BURROUGH (1991), um SIG constitui um sistema que prepara, armazena, atualiza, analisa e apresenta dados gráficos e alfanuméricos em associações diversas. Com o desenvolvimento das técnicas e sistemas computacionais para tratamento de grandes quantidades de dados, notadamente em termos de capacidade de processamento e armazenagem, a lida eficiente com dados geograficamente referenciados se constituiu numa evolução natural dos avanços tecnológicos obtidos. Assim, nos países com tecnologia de informática, o SIG pode ser entendido como o conjunto de máquinas e programas que podem registrar, manipular, analisar, modelar e apresentar dados com referência espacial.

Com uma grande diversidade de aplicações possíveis, os SIGs já estão sendo utilizados em atividades como controle de frotas para transporte público e entrega de mercadorias, análise ambiental, distribuição de clientes e usuários, mapeamento de redes de infra-estrutura urbana, dentre outras. MULLER e LINDBERG (1998) citam que os sistemas SIG são úteis na visualização de projeções de expansão em áreas metropolitanas, em termos de dinâmica populacional, padrões de industrialização, sistemas de infraestrutura, etc.

A partir do que preconizam LAURINI e THOMPSON (1992) apud MENDES (1996), as quatro principais funções de um SIG seriam:

- manipulação de planos de informações;
- mecanismos que interligam planos de informações com diferentes representações espaciais (ex: estrutura vetorial e matricial);
- padronização de diferentes escalas e sistemas de projeção, com refenciamento espacial de dados alfanuméricos;
- modelagem gráfica.

Finalmente, considerando-se os conceitos anteriormente apresentados, pode-se considerar os SIGs como sistemas que realizam a integração dos recursos de bancos de dados alfanuméricos e seu interfaceamento com dados gráficos, possibilitando ainda a manipulação de forma integrada destes dados e apresentação de resultados em diversos formatos, (tantos quantos os suportados pela atual tecnologia de recursos multi-mídia).

Em relação aos sistemas CAD, anteriormente descritos, os SIG se distinguem daqueles em função de sua capacidade de análise espacial mais complexa, tratando com as feições gráficas de forma a possibilitar a manipulação de dados espaciais em diversos contextos de análise, para os quais os CADs se mostram limitados. Teixeira et al. (1992) colocam como principal diferença o fato de ser o CAD uma ferramenta de desenho em meio digital e não de processamento de informação espacial, apresentando dificuldades na atribuição de informações adicionais aos elementos gráficos criados através de sua utilização. Exemplificando, uma mesma linha poderá ser componente de duas áreas delimitadoras de lotes urbanos. Poderá ser também a linha demarcatória de divisa intermunicipal. Para cada uma destas funções esta linha poderá ter representações gráficas e comportamentos diferentes, o que poderá ser facilmente conseguido em ambiente de SIG, mas não de CAD.

Como perspectiva de desenvolvimento em futuro próximo, verifica-se ainda a operação de SIGs em ambientes gráficos tridimensionais e dinâmicos e em redes locais e redes internacionais como a Internet ou outras. Outra característica cada vez mais desenvolvida nos SIGs, em consonância com as anteriores, se refere à compatibilidade

para operação em diversos ambientes computacionais, possibilitando uma grande expansão em suas capacidades de intercâmbio de dados e interoperabilidade com outros sistemas.

3. METODOLOGIA

3.1 LEVANTAMENTO DE DADOS

3.1.1 Inventário institucional

O trabalho teve início com consultas ao acervo da UFSC e junto às instituições relacionadas à drenagem urbana, para levantamento da situação e documentação técnica disponível. Nestas consultas, verificou-se a inexistência de um registro sistemático e integrado de informações sobre o sistema de drenagem para Florianópolis e especificamente para a Bacia do Itacorubi. A coleta e organização dos desenhos, projetos e detalhes demandaria tempo excessivo, incompatível com o cronograma previsto para o presente trabalho. Diante daquela realidade, optou-se pela abordagem da drenagem urbana principalmente em termos da drenagem natural dos terrenos na bacia em estudo, isto é, não foram consideradas as galerias artificiais com dimensões aproximadas inferiores a 1 m. Contudo, o inventário realizado permitiu um conhecimento atualizado da realidade na estrutura institucional do Município, embasando e justificando o presente trabalho (Referências Institucionais, em anexo).

Concomitantemente ao desenvolvimento da presente dissertação, desenvolvem-se os seguintes projetos correlacionados:

- Projeto Integrado de Pesquisa - CNPq - Avaliação do Uso e Ocupação do Solo Urbano na Ilha de Santa Catarina. Trata-se de projeto vinculado ao Laboratório de Ciências Geodésicas (LABCIG) do Departamento de Engenharia Civil - ECV - UFSC, sob a coordenação da Dra. Dora Orth, orientadora da presente dissertação e com a participação de pesquisadores e bolsistas dos departamentos de Engenharia Civil, Engenharia Sanitária e de Arquitetura e Urbanismo da UFSC. Sendo objeto daquele projeto o estudo integrado de temas como uso do solo, expansão urbana e meio ambiente, recursos para disponibilização e adequação técnica de imagens e banco de dados em meio digital também são pesquisados e utilizados, em trabalho integrado com a presente proposta.
- Estudo Integrado do Sistema de Drenagem da Bacia do Itacorubi, com levantamento de características físicas da bacia e inventário do sistema de drenagem existente. O estudo envolve também o desenvolvimento de modelo matemático de comportamento

hidráulico da bacia, subsídio para o Plano Diretor de Drenagem da Bacia do Itacorubi. Estes trabalhos estão sendo desenvolvidos pelo Laboratório de Drenagem Urbana (LABDREN), do Departamento de Engenharia Sanitária - ENS - UFSC. Este projeto desenvolveu também o trabalho de fotointerpretação para a área da Bacia do Itacorubi, em conjunto com o Laboratório de Ciências Geodésicas .

Além dos trabalhos acima, as dissertações de mestrado de MARISCO (1997), WOLSKI (1997) e LIMA Jr. (1997), bem como a tese de doutorado de SANTOS (1997), publicados no decorrer do desenvolvimento desta, constituíram importantes fontes de informações por abordarem recursos e métodos em cartografia digital.

Citamos ainda a participação, em conjunto com Prof. Cesar Augusto Pompeo, do LABDREN, em evento promovido pela UNICOBÍ - União dos Conselhos Comunitários do Itacorubi. Em 01/12/97, na Câmara Municipal de Florianópolis, foram apresentados questionamentos e propostas para subsídios à uma re-estruturação do Plano Diretor do município em seus itens relacionados aos problemas de drenagem nos bairros situados na bacia do Itacorubi. Foram explanadas por realgumas intervenções físicas e ações possíveis para minimização e prevenção ao agravamento dos problemas já ocorridos.

3.1.2 Reconhecimento em campo

Além do inventário institucional realizado, foram realizadas algumas visitas em campo, para reconhecimento da área de projeto:

- No período março-maio/96, durante a fase de aquisição de créditos para o mestrado. Como exercício integrante da disciplina Planejamento Físico Territorial, ministrada pela Profª. Dora Orth, foi realizado um estudo preliminar de características e condicionantes urbanos para a Bacia do Itacorubi. Foram visitados pontos estratégicos na bacia, para reconhecimento de aspectos gerais, principais problemas e identificação dos divisores naturais. Ao final do período, juntamente com a disciplina Cadastro Geotécnico, foi realizado o "Seminário Técnico sobre a Bacia do Itacorubi". O evento teve o objetivo de divulgar junco à comunidade e aos órgãos da administração pública o trabalho desenvolvido no decorrer das aulas.

- Na fase de inventário institucional, em fevereiro de 1997, com técnicos da Cia. de Melhoramentos da Capital - COMCAP - responsável pela conservação da macro-drenagem no Município. Foram visitadas obras de desassoreamento de valas próximas ao mangue e bairros situados na região de baixada (Itacorubi e Santa Mônica);
- Em dezembro de 1997 em acompanhamento ao trabalho desenvolvido pelo Laboratório de Drenagem, foi realizada visita aos componentes principais da rede hidrográfica da bacia. Nestas ocasiões, técnicos do LABDREN e COMCAP verificaram a leitura e conservação das réguas para medição de níveis d'água. Em contato com aqueles técnicos, foram confirmados nos mapas disponíveis algumas informações de interesse, como a localização dos divisores da bacia, rios principais, seus nomes e sentido de escoamento.
- No decorrer do desenvolvimento da presente dissertação, em ocasiões diversas foram visitados locais estratégicos na área da bacia, para reconhecimento e confirmação de aspectos verificados nos mapas. Dentre estes locais, citamos o mirante do Morro da Cruz, de onde se visualiza a parte oeste da bacia. Ainda no Morro, destacamos o terreno aos fundos do prédio da SCC/SBT, único ponto acessível em que se tem visão panorâmica de toda a área da bacia. Outras visitas foram realizadas a localidades de interesse específico, como as regiões baixas nos bairros Trindade, Santa Mônica e Itacorubi e as áreas junto ao mangue e encostas, para melhor reconhecimento de características constantes nos mapas e identificadas por fotointerpretação.

3.1.3 Coleta de dados

No Laboratório de Ciências Geodésicas do Departamento de Engenharia Civil foram obtidas fotografias aéreas e mapas em diversas escalas e padrões, para a área de estudo. Dentre estes materiais, foram utilizadas as fotografias aéreas originadas do vôo de 1994, com cobertura da Ilha de Santa Catarina e parte do continente, nas escalas 1:8.000 e 1:25.000. Foram também consultados os mapas topográficos do IBGE na escala 1:50.000.

Junto ao Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis - IPUF, foram

adquiridas cópias das restituições aerofotogramétricas de 1979, em escala 1:10.000, para a área em estudo, tendo sido esta a base cartográfica utilizada no presente trabalho. Foram também obtidas naquele órgão as informações gráficas referentes ao zoneamento e definição de áreas de usos urbanos (micro-zoneamento), segundo definido pelo Plano Diretor em vigência.

O LABDREN forneceu um mapa em escala 1:10.000 com a delimitação da bacia, hidrografia da área de estudos e áreas de contribuição para pontos críticos, assim como os desenhos originais de fotointerpretação, em papel vegetal, com as definições de categorias de uso do solo identificadas. Adicionalmente, seriam fornecidos por aquele laboratório amostras dos dados alfanuméricos, como vazões e níveis d'água em seções específicas de escoamento, de utilização em modelagem matemática.

3.2 PLANO GERAL DO TRABALHO

A partir de um inventário institucional e em campo, verificou-se a situação da drenagem urbana para a Bacia do Itacorubi, principalmente no que dizia respeito à sua representação gráfica e ao registro de dados alfanuméricos de interesse. Seguiu-se a coleta dos materiais disponíveis e sua manipulação em laboratório. Uma base cartográfica em meio digital foi complementada com informações de interesse para o trabalho. Paralelamente, foram compiladas informações gráficas a partir de interpretação das fotografias aéreas da área em estudo. Estas informações, em meio analógico (papel vegetal), foram preparadas e convertidas para o meio digital, distribuindo-se em níveis no arquivo gráfico. Seguiu-se a reunião dos arquivos referentes à base cartográfica e às informações de fotointerpretação, para posterior geração de mapas temáticos com temas de interesse em drenagem urbana.

Na sequência do trabalho, verificou-se os recursos disponíveis para a organização de um banco de dados geograficamente referenciados aos arquivos gráficos. Com uma amostra de dados alfanuméricos, procedeu-se à uma preparação para alimentação do banco de dados.

Após definidos o banco de dados e os mapas temáticos, o trabalho prosseguiu com uma manipulação destas informações em meio digital. Essa etapa teve o objetivo de realização de algumas análises possíveis, de interesse para o estudo da drenagem urbana.

Obs: No decorrer da presente dissertação foi providenciada a aquisição do

programa *Microstation 95* pela Coordenação de Pós-graduação em Engenharia Civil da UFSC. Foi adquirida a versão acadêmica do programa, com um conjunto de módulos aplicativos para geo-engenharia, de uso efetivo no presente trabalho e em dissertações em andamento.

O fluxograma para o trabalho é apresentado a seguir.

**FLUXOGRAMA DE TRABALHO PARA DESENVOLVIMENTO DE
MAPAS TEMÁTICOS E BANCO DE DADOS GEO-REFERENCIADOS**

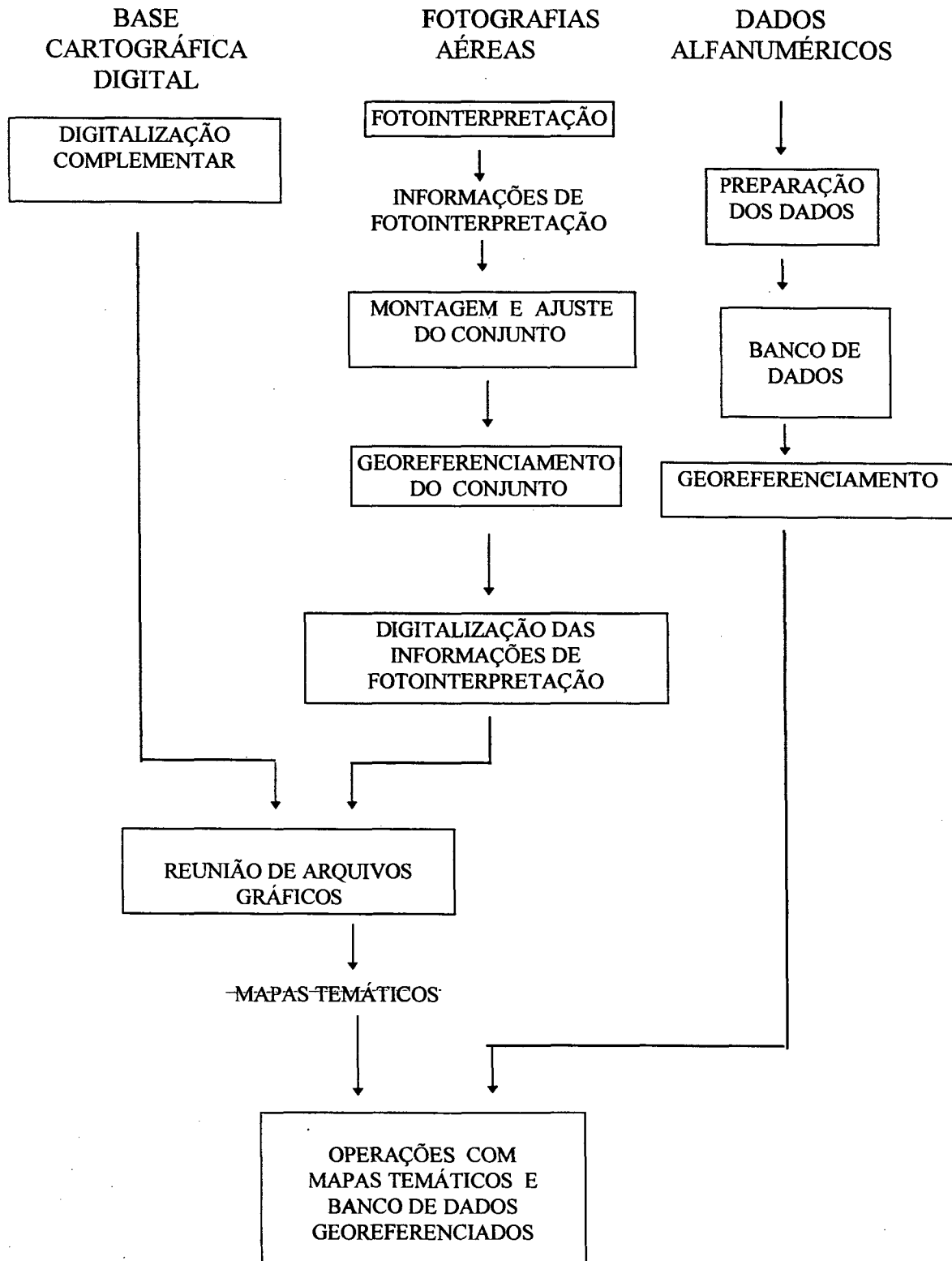


FIGURA 10 Fluxograma de trabalho

3.3 ELABORAÇÃO DE MAPAS TEMÁTICOS

3.3.1 Escala e precisão

Considerando-se que em meio digital trabalha-se em tamanho real (segundo o "espaço de trabalho" definido para a entrada de dados gráficos), não haveria a necessidade de definição de escalas. Contudo, como dados gráficos de entrada dispõem-se de mapas impressos em papel. Como produtos, também se pretende a saída de mapas impressos via plotadora (traçador gráfico). Uma vez que em meio analógico a precisão para os elementos representados nos mapas fica diretamente relacionada à escalas, as considerações acerca da escala e da precisão a serem adotadas foram abordadas em conjunto, conforme a seguir.

A definição da escala necessária para os mapas a serem trabalhados foi norteada pelas seguintes condições:

- a. Visualização de toda a bacia, áreas vizinhas de referência (bairros, localidades, sistema viário principal) e áreas de influência, em termos hidrológicos (mangue, corpos d'água).
- b. Mapas com dimensões funcionais em termos de manuseio, cópia, medições e apresentação do trabalho.
- c. Mapas adequados para a precisão necessária às medições pretendidas.

Para a Bacia do Itacorubi e áreas vizinhas de referência, uma escala de 1:10.000 resulta num mapa com as dimensões aproximadas de 0,90 x 0,80 m. Em termos práticos, são dimensões que apresentam funcionalidade para o manuseio, cópia, medições e apresentação do trabalho. A escala 1:15.000 também resulta em mapa com tamanho funcional e permite boa visualização de toda a área de interesse. Entretanto, não seria adequada quanto à precisão requerida. Uma vez que o mapa nesta escala se mostra mais facilmente manuseável no plotter utilizado, ela será utilizada também como auxiliar para a avaliação de distorção e para a visualização dos mapas em etapas intermediárias do trabalho.

Segundo o Laboratório de Drenagem Urbana, para a alimentação do modelo matemático em desenvolvimento, a precisão necessária na representação gráfica da bacia poderia ser de 20 m. Assim, cada elemento mínimo representado corresponderia a 20 x

20 m terreno real. Elementos menores não teriam influência significativa na operação do modelo, em termos hidrológicos, para a área em estudo. A escala sendo utilizada por aquele laboratório é de 1:10.000, a partir das restituições aerofotogramétricas do IPUF (vôo de 1979).

Na escala 1:10.000, a precisão de 20 m pretendida é representada com a dimensão de 2 mm. Em termos gráficos, esta dimensão não apresenta problemas para visualização e medição diretamente no papel. Em meio digital, tal precisão pode ser garantida no processo de digitalização na mesa, fixando-se os parâmetros de definição de linha contínua de forma a se garantir valores iguais ou inferiores a este.

A partir das considerações acima, optou-se pela utilização da escala 1:10.000 com precisão de 20m para os mapas a serem gerados, que atende simultaneamente às condições inicialmente estipuladas.

3.3.2 Complementação da base cartográfica

3.3.2.1 Base cartográfica existente

Como base cartográfica analógica foi utilizada a restituição aerofotogramétrica de 1979, em escala 1:10.000, em cópia heliográfica adquirida através do acervo do IPUF. Uma versão mais atualizada, a partir de vôo aerofotogramétrico realizado em 1994, encontrava-se ainda em elaboração, não tendo sido possível sua disponibilização. Na restituição utilizada constam elementos de referência, como edificações de maior porte, sistema viário, hidrografia, curvas de nível e outros, necessários ao presente trabalho.

A base cartográfica acima referida já havia sido parcialmente digitalizada em formato vetorial, através do software *Microstation*, da Bentley Systems, Inc., nos trabalhos "Mapeamento Geotécnico e Geológico da Ilha de Santa Catarina", (SANTOS, 1997) e "Mapeamento geotécnico do Município de Florianópolis em meio digital. visando o sistema de informações geográficas" (LIMA JR., 1997). A informação gráfica original tinha sido separada por níveis, como "sistema viário", "curvas de nível" e outros. Para o presente trabalho, foi utilizada uma cópia do material em disquete.

3.3.2.2 Definição dos parâmetros para digitalização

Conforme abordado na revisão bibliográfica (item 2.3.2.3 - Características dos Sistemas CAD), os parâmetros de digitalização para linha contínua tem relação direta

com a quantidade de pontos (dados) que estarão sendo registrados e por conseguinte sendo carregados na memória do computador. Para o presente trabalho, foram adotados os valores:

distância mínima (*delta*) = 10 m

distância máxima (*tolerância*) = 20m

ângulo limite = 5°.

Tais valores atendem a precisão requerida (20m), levando em consideração possíveis erros no processo manual de digitalização.

3.3.2.3 Digitalização complementar da base cartográfica

Em mesa digitalizadora (marca Digigraph - modelo Van Gogh) foi realizada a complementação de informações na base cartográfica, como nomes de localidades de interesse na área de estudo e em seu entorno, curvas de nível e sistema viário principal, além da re-delimitação da área de estudo (novos limites da bacia, segundo critérios hidrológicos, definidos pelo Laboratório de Drenagem Urbana - LABDREN do Departamento de Engenharia Sanitária). As informações foram separadas nos seguintes níveis:

- 1- limites bacia / ilha / mar
- 2- sistema de coordenadas UTM e retícula
- 3- toponímia: bairros e localidades
- 4- hidrografia
- 5- legendas e identificação do mapa
- 6- curvas de nível mestras, de 50 em 50 metros e cotas topográficas
- 7- curvas intermediárias: 0 a 100 m
- 8- curvas intermediárias: 110 a 200 m
- 9- curvas intermediárias: 210 a 300 m
- 10- curvas intermediárias: 310 a 400 m
- 11- curvas intermediárias: 410 a 500 m
- 14- sub-áreas de contribuição
- 15- sistema viário

3.3.2.4 Avaliação da distorção

Com o objetivo de uma avaliação preliminar da distorção e aspecto visual da base cartográfica vetorizada, procedeu-se à impressão da mesma em papel . Foram gerados mapas nas escalas 1:15.000 e 1:10.000, em papel opaco e papel vegetal. Avaliou-se a distorção entre estes produtos e a cópia heliográfica da base cartográfica do IPUF em escala 1:10.000, utilizada para digitalização. Da mesma forma, foi avaliada a distorção entre aqueles produtos e o original da restituição aerofotogramétrica do IPUF, realizando-se as medições no original nas instalações daquele órgão.

Conforme esquema na Figura 8, para medição de distâncias foram marcados nos mapas pontos análogos de referência. Estes pontos definiram dois triângulos aproximadamente equiláteros no mapa da bacia. O triângulo menor com lados medindo cerca de 1 km estava localizado na região central da área de estudo, no bairro Santa Mônica, que constitui área urbanizada com malha viária bem definida. Os pontos 1, 3 e 4 foram definidos em confluências de ruas e centro de rótula viária existente no local (o ponto 2 foi descartado por situar-se em local sem definição possível num dos mapas). Para o triângulo maior, com lados medindo em média 6 km (pontos 9, 10 e 11), os vértices foram localizados em pontos localizados em regiões extremas da área de estudo, simultaneamente identificáveis nos mapas que foram avaliados.

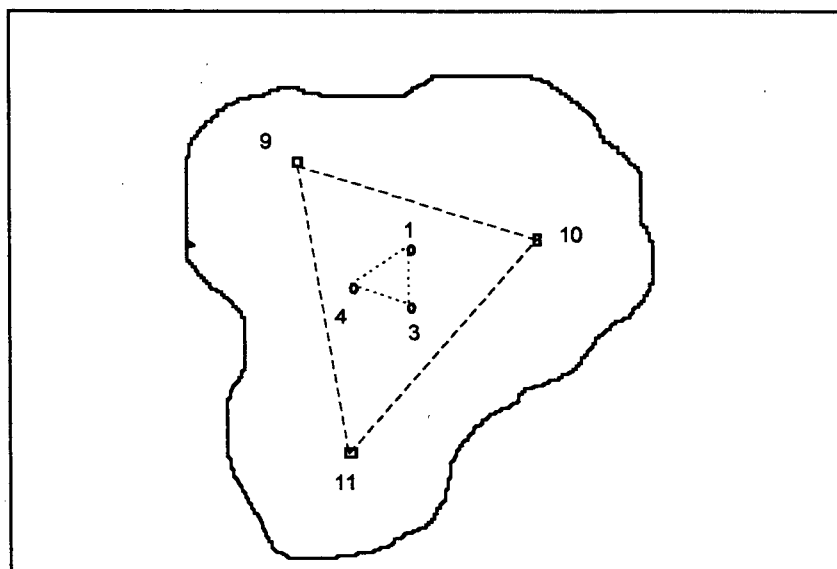


FIGURA 11 Localização esquemática dos pontos para avaliação de distorção nos mapas

Os resultados das medições realizadas são apresentados a seguir. Na Tabela 3 consta também as medições sobre o mapa em escala 1:15.000, por ter sido esta a escala inicialmente utilizada nas impressões, em função da configuração do software de impressão (*driver*).

TABELA 3. Avaliação da distorção entre a cópia da base cartográfica (IPUF - 1:10.000) e o mapa digitalizado (impresso nas escalas 1:15.000 e 1:10.000)

pontos	distâncias (no papei / em campo)							
	cópia da base IPUF (1:10.000)		base digitalizada (1:15.000)			base digitalizada (1:10.000)		
	(cm)	(m)	(cm)	(m)	distorção %	(cm)	(m)	distorção %
1 e 3	8,0	800	5,3	795	-6,3	8,0	800	0
3 e 4	7,1	710	4,8	720	+1,4	7,1	710	0
1 e 4	10,3	1.030	6,7	1.005	-2,4	10,0	1.000	-3
9 e 10	69,0	6.900	46,0	6.900	0,0	68,9	6.890	-0,1
9 e 11	56,7	5.670	37,7	5.655	-0,3	56,4	5.640	-0,5
10e 11	51,1	5.110	34,1	5.115	+0,1	51,1	5.110	0

Obs: sinal + indica aumento na distância
sinal - indica redução na distância

TABELA 4. Avaliação da distorção entre original do IPUF (1:10.000) e mapa digitalizado (plotado 1:10.000)

pontos	original IPUF (1:10.000)	base digitalizada (1:10.000)	
	(cm)	(cm)	distorção %
1 e 3	8,0	8,0	0
3 e 4	7,1	7,1	0
1 e 4	10,3	10,0	-3
9 e 10	68,9	68,9	0
9 e 11	56,5	56,4	0,2
10e 11	51,1	51,1	0

Os resultados acima indicam uma distorção aceitável entre os originais e os mapas digitalizados, para os objetivos a que se destinam. Na Tabela 3, as diferenças encontradas entre as distorções obtidas para os mapas em escala 1:15.000 e 1:10.000 provavelmente está relacionada à menor precisão para identificação de pontos e medição de distâncias no mapa em escala 1:15.000.

Comparando-se as Tabelas 3 e 4, verifica-se não ter havido variação significativa nas distorções quando se efetuou as medições diretamente sobre a base cartográfica original do IPUF. Como a cópia héliográfica havia sido feita recentemente, provavelmente não se encontrava muito deformada em relação a seu original. Isto explicaria as pequenas distorções encontradas.

3.3.2.5 Revisão do aspecto visual do mapa

Inicialmente, foram mantidos os atributos gráficos de espessura, estilo e cor de linha originalmente utilizados. Após a plotagem, verificou-se a inadequação de cores e da espessura utilizada (de valor 0) para a boa visualização do mapa. Através de impressora a jato de tinta e também via plotter, foram realizados testes imprimindo-se o mapa visualizado na tela ou uma porção dele, na escala 1:10.000. Foram verificadas espessuras de maior valor, para se chegar a resultados satisfatórios. A partir destes testes, pode-se observar:

- a) a saída gráfica via impressora, apresenta um "adensamento" das linhas, se apresentando mais espessas do que o resultado com o plotter; na mesma escala;
- b) na impressora ocorria uma maior concentração das cores, que se apresentavam mais fortes.
- c) com o aumento de escala (ex: de 1:15.000 para 1:10.000) as espessuras das linhas ficavam desproporcionais ao aumento dos desenhos, comprometendo seu aspecto visual e obrigando a uma revisão da espessura utilizada.

A situação descrita nos itens acima foi solucionada com a preparação de arquivos de plotagem específicos para cada escala a ser impressa. Nestes arquivos, eram configurados a espessura e as cores mais adequada à escala pretendida para plotagem.

3.3.3 Fotointerpretação

Utilizando as fotografias aéreas de 1994, em escala aproximada de 1:8.000 (e de 1:25.000, em trechos não cobertos pelas fotos 1:8.000), equipes dos laboratórios LABCIG / ECV e LABDREN / ENS desenvolveram a atividade de fotointerpretação, tendo sido interpretadas 49 fotos abrangendo a área de estudo. Foram definidas pelo Laboratório de Drenagem as categorias que traduzem os diferentes graus de permeabilidade na área, em função da vegetação, solo exposto e padrões de ocupação urbana. Os seguintes itens foram identificados: áreas de condomínios multifamiliares; áreas de residências unifamiliares; florestas; vegetação rasteira; mangue; solo exposto.

Face aos recursos pessoais e de laboratório disponíveis, a atividade de fotointerpretação foi realizada em modo analógico. A alternativa em meio digital poderia ser explorada a partir de software adequado e treinamento adicional, não tendo

havido possibilidade de tal realização no âmbito do presente trabalho. Assim, a fotointerpretação se realizou com a utilização de papel vegetal sobreposto às fotos ("overlays"), registrando-se com grafite colorido as áreas identificadas segundo os itens acima mencionados. Foram registrados também as marcas de sobreposição entre fotos adjacentes e as marcas fiduciais das fotos, para referência na montagem posterior. Para cada tema foi utilizada textura ou cor diferentes, para representação no papel. Os desenhos assim obtidos foram emprestados ao presente trabalho, para sua transformação para o meio digital.

3.3.4 Conversão das informações de fotointerpretação para o meio digital

Nesta etapa objetivou-se a preparação do conjunto de informações de interesse para os estudos de drenagem urbana. A exemplo na base cartográfica digital, estas informações seriam separadas em níveis.

3.3.4.1 Reprodução dos desenhos de fotointerpretação

Objetivando a preservação do material original para uso futuro, foram verificados os processos de reprodução disponíveis. Primeiramente os desenhos foram reproduzidos por fotocópia comum. Verificou-se grande distorção entre cada desenho e a respectiva cópia. Para melhor reprodução, foi verificada a utilização de fotocópia de precisão, em máquina *Xerox Docutech*, com 600 DPI. Foi obtido um resultado de baixa distorção, porém a um custo de R\$ 2,50 por original.

Como alternativa para reprodução dos desenhos, foi utilizado o Scanner Scanjet 4C HP de mesa, com o software HP Desk Scan (arquivos escaneados com extensão .bmp) e densidade de pontos de 400 DPI. Cada desenho foi copiado individualmente e cada arquivo em formato *raster* resultante, com cerca de 1.3 Kb, foi compactado e gravado em cópia de reserva em disquete.

3.3.4.2 Montagem, ajuste e avaliação de distorção

a) Bloco de teste

a-1) Montagem e ajuste em papel

Para uma avaliação preliminar, procedeu-se a montagem de um bloco de 6 desenhos inicialmente reproduzidos. Procedeu-se a um ajuste manual para coincidir as linhas entre

desenhos contíguos. Os desenhos foram agrupados a partir de um ponto central à área de estudo, buscando-se uma propagação radial dos erros acumulados. Desta forma, os erros seriam distribuídos por toda a área, sem acúmulo em um único ponto ou direção.

Em função das vantagens de funcionalidade que a montagem em meio digital poderia oferecer, passou-se à investigação daquela alternativa.

a-2) Montagem e ajuste em meio digital

Como alternativa para a montagem dos desenhos de fotointerpretação, foram verificados alguns recursos em meio digital. Inicialmente, foi tentado o software aplicativo *Corel Draw 5*, de uso rotineiro em imagens matriciais (*raster*) e disponível no LABCIG. Houve problemas de espaço disponível na área de trabalho na tela, para montagem de um bloco. Apenas 4 imagens de desenho puderam ser carregadas na tela.

Para sanar o problema, procedeu-se a instalação do Programa *Corel Draw 7*, de maior capacidade em sua área de trabalho. Foram montadas e ajustadas visualmente na tela 6 desenhos, com tamanho de arquivo aproximado de 9 Mb. Inicialmente não foi possível o corte das sobreposições entre desenhos, o que ocupa desnecessariamente a memória com parte da imagem duplicada. Somente as extremas do bloco puderam ser cortadas com os recursos conhecidos no aplicativo utilizado.

a-3) Avaliação da distorção

O bloco montado e ajustado foi gravado em disquete e enviado para plotagem. Com o produto em papel, procedeu-se a avaliação da distorção, conforme se apresenta na Tabela 5.

TABELA 5. Avaliação da distorção entre bloco de 6 fotos (1: 8.000) e base cartográfica digitalizada impressa nas escalas 1:15.000 e 1:10.000

ponto	bloco 1:8.000 x base digitalizada 1:15.000	bloco 1:8.000 x base digitalizada 1:10.000	localização dos pontos
	distorção %		
1 e 2	0,61	-5,45	centro de foto
3 e 4	8,43	-7,61	centro de foto
2 e 5	0,96	-0,51	2 fotos (centro e extrema)
6 e 7	8,17	-10,96	centro de foto
3 e 8	8,01	-	centro de foto
7 e 4		-2,92	2 fotos
6 e 4		-11,43	2 fotos

distorção média: 5,23 %

Conforme a Tabela 5, os pontos tomados para amostra apresentaram distorção de forma aleatória, aparentemente sem correlação direta com sua localização relativa na fotografia.

Considerando a distorção média de 5%, para as maiores distâncias na Bacia do Itacorubi, da ordem de 7.000 m, a distorção média calculada implica num erro aproximado de 370 m. Entretanto, sendo 20 x 20 m a célula mínima a ser considerada na modelagem hidrológica da bacia, para cada célula teríamos um erro médio de 1 m.

No tocante a precisão necessária para a modelagem hidrológica da bacia, o erro obtido pode ser considerado admissível, não afetando os resultados esperados naquela modelagem.

Após o trabalho com o aplicativo Corel Draw, os arquivos de imagens foram exportados para o software Microstation, com mais recursos para aplicações cartográficas. Neste ambiente gráfico, foram verificados recursos para ajuste dos desenhos em tela.

Um conjunto de 6 arquivos, correspondente a 6 desenhos de fotointerpretação, foi separado para o teste. Através do recurso de anexação de imagens de referência

(*reference file*) do programa Microstation 95, cada desenho foi colocado na tela, na sequência correspondente a situação real em campo. Em seguida, procede-se a identificação de pontos homólogos em duas imagens. Na sequência, o próprio programa realizaria a superposição parcial dos desenhos, com a coincidência dos pontos identificados.

Os percentuais de distorção anteriormente avaliados se mantiveram. Entretanto, o tamanho dos arquivos em imagem raster (1,4 MB x 49 arquivos) levaria a um processamento lento e com grande necessidade de memória operacional do computador, para o tratamento de todo o conjunto abrangendo a área em estudo.

b) Conjunto completo dos desenhos

b-1) Montagem em papel

Como alternativa de trabalho, optou-se pela preparação das fotos copiadas no scanner de mesa e impressas em papel, montando-se um bloco único, para posterior digitalização em mesa. As cópias (impressas em papel comum formato A4) foram recortadas nos limites dos desenhos e coladas em cartolina branca, utilizada como suporte para a montagem.

Distribuição dos erros - Devido à pequenas distorções no processo de reprodução, nem sempre ocorria a coincidência de todas as linhas ao longo da borda de desenhos adjacentes. Desta forma, a partir da região central da área em estudo, procurou-se fazer uma distribuição dos erros por toda a área do desenho. Ao final deste procedimento, foi constituído um conjunto único cobrindo toda a área de estudo, em escala 1:8.000.

b-2) Avaliação da distorção

Analogamente a metodologia aplicada no item 3.3.2.4, procedeu-se a uma avaliação da distorção resultante da montagem dos desenhos de fotointerpretação. Os resultados são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Avaliação da distorção entre o conjunto de desenhos de fotointerpretação e a base cartográfica do IPUF.

pontos	base IPUF (1:10.000)		conjunto de desenhos (1:8.000)		distorção (%)
	(cm)	(m)	(cm)	(m)	
20-21	35,5	3550	45,1	3608	1,6
21-22	31,3	3130	39,9	3192	2,0
22-20	30,3	3030	37,3	2984	-1,5
30-31	13,4	1340	17,5	1400	4,48
31-32	14,3	1430	17,9	1432	0,14
32-30	15,2	1520	18,7	1496	-1,58

distorção média: 0,86%

Obs: sinal + aumento na distância
sinal - redução na distância

Pela análise dos valores de distorção obtidos, verifica-se que a distorção média calculada encontra-se dentro dos limites desejados para utilização no trabalho. Embora tendo ocorrido um valor afastado dos demais para a distância entre os pontos 30 e 31, o valor de distorção obtido (4,48%) não compromete a precisão pretendida para os trabalhos.

3.3.4.3 Georeferenciamento do conjunto

Definição das linhas e coordenadas para digitalização. Primeiramente, através da sobreposição de papel vegetal sobre o conjunto obtido, procedeu-se ao desenho das linhas delimitadoras das categorias utilizadas na fotointerpretação, facilitando o trabalho subsequente, na mesa digitalizadora. Em seguida, foram identificados pontos de referência na base cartográfica e no conjunto de fotointerpretação. A partir destes pontos, e com a conversão de escalas (de 1:10.000 para 1:8.000), foi desenhado sobre o conjunto o mesmo sistema de coordenadas UTM da base cartográfica.

3.3.4.4 Vetorização em mesa de digitalização

Utilizando-se o aplicativo Microstation 95 e mesa digitalizadora, foi realizada a digitalização contínua, em formato vetorial, dos desenhos e linhas definidas no procedimento anteriormente descrito. Para a escala de 1:8.000 em que estava o conjunto de fotointerpretação, os parâmetros de definição de linha contínua (*stream line*) para

digitalização foram fixados em $\Delta = 8$ m, Tolerância = 16 m e ângulo de 5° , mantendo-se assim as considerações de precisão já abordadas com referência à base cartográfica (item 3.3.2.2).

Inicialmente, as linhas foram digitalizadas em um único nível do arquivo gráfico. A delimitação entre áreas adjacentes foi digitalizada sempre como uma única linha. Este procedimento foi realizado visando-se a utilização posterior do *software Microstation Geographics*, que combina os recursos de edição e captura de dados do Microstation com ferramentas de análise espacial e interface para banco de dados.

Ainda no programa *Microstation*, foi realizado a separação das categorias de fotointerpretação em níveis diferentes do arquivo gráfico. A sequência de operações foi a seguinte:

Fechamento de polígonos - através da ferramenta de geração de figuras complexas (*complex shapes*). Na opção de operação automática, após a identificação do primeiro elemento, como um segmento de reta, o próprio programa procura o início do próximo elemento. Os elementos são associados com a condição de não estarem afastados de um valor máximo fixado. O resultado desta operação é uma figura fechada, obtida em tempo quase instantâneo.

Criação de "regiões"- Para as maiores áreas delimitadoras de categorias, utilizamos a ferramenta "*create region*" no modo *flood* (preenchimento de espaços em torno de um ponto), que realiza a delimitação de uma área fechada, definida pelas linhas no entorno de um ponto. Em função do tamanho e complexidade da área trabalhada, esta operação tinha a duração de alguns minutos a aproximadamente 1 hora, o que apresentou alguns inconvenientes no fluxo normal do trabalho.

Após o fechamento de áreas, a categoria trabalhada recebia uma cor e era copiada para um nível específico. No caso de áreas contendo outras áreas menores, inicialmente as áreas internas eram cobertas pela cor de preenchimento. Isto foi resolvido através da transformação das áreas internas em "furos" da área maior, que assim ficavam aparentes no mapa.

Ao final se obteve as categorias de fotointerpretação separadas em níveis do arquivo gráfico, com a seguinte ordem:

NÍVEL	DENOMINAÇÃO
30	solo exposto
31	áreas de condomínios multifamiliares
32	áreas de residências unifamiliares
33	vegetação rasteira
34	florestas

3.3.4.5 Teste de vetorização na tela

A partir dos arquivos em formato matricial (*raster*) procedeu-se a um teste para avaliação da possibilidade de vetorização das informações de fotointerpretação em meio digital. O mesmo conjunto de 6 arquivos utilizados no item 3.3.4.2 a-2, foi utilizado no teste. Havendo a possibilidade de vetorização sobre as imagens expostas na tela, poderia ser utilizada somente esta informação vetorial (e não as imagens raster) com menor tamanho de arquivo, para as etapas subsequentes. Isto evitaria os inconvenientes de trabalho em grandes arquivos gráficos, tempo de carregamento, processamento, etc. Foi realizado teste de vetorização na tela, sendo satisfatório os resultados obtidos. Entretanto, diante da necessidade de transferência de cada um dos arquivos dos desenhos de fotointerpretação para a tela, com respectiva conversão de formato e carregamento individual de cada um, optou-se por não levar adiante esta alternativa, tendo sido utilizada principalmente como exploração de recursos a ser implementado em oportunidade futura.

3.3.5 Reunião da base cartográfica e informações de fotointerpretação

3.3.5.1 Reunião de arquivos gráficos

Para uma primeira visualização dos resultados, procedeu-se a uma sobreposição do arquivo de fotointerpretação ao arquivo referente à base cartográfica. Foi utilizada a ferramenta de anexação, tomando-se o arquivo com o conjunto de informações de fotointerpretação como “arquivo de referência” (sobreposto sobre um arquivo ativo, apenas para visualização na tela). Posteriormente, procedeu-se à cópia deste para o arquivo gráfico da base cartográfica, tornando-o parte integrante daquele arquivo.

Tendo sido utilizado o mesmo sistema cartográfico de coordenadas UTM e o mesmo espaço de trabalho em meio digital em ambos os processos de digitalização, a sobreposição de um arquivo ao outro não acarretou problemas. O posicionamento correto foi confirmado na tela, observando-se por exemplo a coincidência das linhas auxiliares de coordenadas, utilizadas no conjunto de fotointerpretação, com as linhas do sistema de coordenadas na base cartográfica digital.

3.3.5.2 Revisão dos atributos gráficos

Após a junção dos arquivos, verificou-se o aspecto visual e padrões de cores utilizados para as categorias de informações obtidas por fotointerpretação. Ainda que separados em diversas camadas de informação gráfica, aquelas categorias seriam posteriormente combinadas em mapas temáticos e mapas derivados, por cruzamentos entre aqueles. Assim, se buscou a priori a definição de atributos que não tornassem confusas as representações de duas ou mais categorias simultaneamente, principalmente se localizadas em posições contíguas nos mapas.

Analogamente ao procedimento para a base cartográfica (item 3.3.2.5) foram realizados testes de impressão para a verificação de cores e espessuras de linha adequados à representação pretendida nos mapas temáticos. Havendo agora muito mais informação a ser representada, maior cautela foi dispensada à utilização de cores parecidas ou de pouco contraste, que poderiam prejudicar a evidenciação de determinadas categorias de informação (ex: vegetação rasteira e solos expostos). Foram também verificados padrões de normas cartográficas e de cartografia temática para a seleção de cores associadas às categorias sendo representadas (ex: águas em azul, curvas de nível em tonalidade sépia, vegetação em verde, etc.) buscando-se sempre uma identificação imediata da realidade representada, independentemente das legendas impressas.

3.3.5.3 Geração de mapas temáticos

Para a geração de mapas temáticos foram combinadas as categorias anteriormente definidas, segundo suas afinidades com temas específicos de interesse para o estudo dos problemas de drenagem na área em estudo.

Os níveis de informação foram organizados conforme a relação apresentada a

seguir. As descontinuidades na numeração foram deixadas para futuras inserções de níveis adicionais.

I. BASE CARTOGRÁFICA

1. título / identificação / escala / legenda / moldura
2. limites: bacia / ilha / mar
3. coordenadas UTM
4. toponímia: bairros / localidades
5. edificações de referência / denominação

II TOPOGRAFIA

11. curvas de nível mestras de 50 em 50 m e cotas
12. curvas de nível intermediárias: 0-100m
13. curvas de nível intermediárias: 110-200m
14. curvas de nível intermediárias: 210-300m
15. curvas de nível intermediárias: 310-400m
16. curvas de nível intermediárias: 410-500m
17. curvas de 0 a 50 m (preenchimento com cor)
18. curvas de 50 a 100 m (preenchimento com cor)
19. curvas de 100 a 200 m (preenchimento com cor)
20. curvas de 200 a 300 m (preenchimento com cor)
21. curvas de 310 a 400 m (preenchimento com cor)
22. curvas de 400 m e acima (preenchimento com cor)

III. SISTEMA VIÁRIO

24. ruas principais

IV. HIDROGRAFIA

26. rios, canais e valas
27. sub-áreas de contribuição
28. pontos de controle

V. SOLOS

31. solos expostos

VI. ÁREAS EDIFICADAS

35. áreas de condomínios multifamiliares
36. áreas de residências unifamiliares

VII. COBERTURA VEGETAL

40. áreas de floresta
41. áreas de vegetação rasteira
42. mangue

VIII. USO DO SOLO, SEGUNDO O PLANO DIRETOR MUNICIPAL

45. áreas de preservação
46. áreas verdes de lazer
47. áreas de preservação permanente
48. áreas residenciais

Foram gerados os seguintes mapas temáticos:

- 1- Sistema natural de drenagem (pontos críticos, sub-áreas de contribuição);
- 2- Topografia (com curvas de nível);
- 3- Topografia (faixas altimétricas evidenciadas com cores);
- 4- Cobertura vegetal (mangue, vegetação rasteira, florestas), solos expostos;
- 5- Áreas edificadas (conjuntos prediais multifamiliares, áreas de residências unifamiliares);
- 6- Áreas *non-edificandi* e áreas edificáveis (Uso do Solo segundo o atual Plano Diretor);

Na tela do computador e nos mapas impressos foi possível a verificação prática da aparência e adequação das cores utilizadas (ver Anexos A e B).

3.3.5.4 Análise espacial em CAD

Como recurso para exploração prática dos mapas temáticos gerados, ainda em ambiente de CAD, foi explorado a ferramenta de preenchimento de áreas com hachuras. A utilização de hachuras, diferentemente do preenchimento de uma área com cor, apresenta um efeito de "transparência", possibilitando a visualização de áreas situadas embaixo da área hachurada. Desta forma podem ser visualizadas e analisadas categorias ocupando pontos comuns no espaço. Utilizando como exemplo de aplicação as áreas *non-edificandi* estabelecidas pelo Plano Diretor e as áreas edificadas (obtidas por fotointerpretação), foi verificado esta possibilidade de análise espacial no âmbito do sistema CAD. Uma vez identificado visualmente as categorias de interesse, foi possível a visualização de informações resultantes de sua superposição. Através de digitalização manual na tela, sobre as áreas de interseção identificadas, se tornou possível a

evidenciação de áreas com habitações situadas em áreas non-edificandi, gerando-se assim um mapa a partir do "cruzamento" de dois outros mapas temáticos. Analogamente, poderiam ser evidenciados áreas resultantes da união ou diferença entre áreas superpostas, que poderiam ter aplicações diversas na bacia hidrográfica utilizada como área de estudo (ver Mapa 8, Anexo B).

3.4 PREPARAÇÃO DO BANCO DE DADOS

3.4.1 Utilização de recurso de *indexadores* do programa de CAD

Conforme abordado no item 2.4.4 da Revisão Bibliográfica, um primeiro recurso para a associação de dados gráficos com dados alfanuméricos é o referenciamento de elementos nos mapas a dados alfanuméricos, no próprio ambiente do CAD. No programa Microstation, este recurso tem a denominação original de "tag" (marcador, indicador). Caso seja movido, apagado ou copiado um elemento assim referenciado, os dados alfanuméricos associados sofrerão a mesma ação, "acompanhando" o elemento.

Antes da anexação dos dados alfanuméricos, devem ser definidos conjuntos de dados. Cada um destes conjuntos deve receber denominação específica, tipo de dado (inteiro, real ou alfanumérico) e valor pré-definido, opcionalmente, para cada dado. Estas informações são registradas no programa através de uma janela de configuração, em que os campos devem ser preenchidos com os nomes dos conjuntos e dos dados (ex: conjunto: hidrologia; dados: vazões, níveis, declividades). Na janela de configuração há também opções de confirmação do valor sendo registrado, de mensagens para orientar o usuário no preenchimento de dados e opções para apresentação do dado junto com o elemento ao qual está referenciado.

Os indexadores definidos conforme acima podem também ser editados, renomeados, removidos e duplicados, alterando-se suas características de acordo com as necessidades percebidas na utilização dos dados alfanuméricos associados a elementos nos mapas.

Um outro recurso referente aos indexadores de dados alfanuméricos é a utilização de bibliotecas de indexadores. São constituídas de arquivos com definições de conjuntos de dados, que podem ser utilizados em outros arquivos de desenhos. A partir de operações de "exportação" e "importação" das definições de conjuntos de dados, estes podem ser associados a uma biblioteca de conjuntos, sendo posteriormente recuperados em outros desenhos.

Para anexação dos indexadores em elementos nos mapas, seleciona-se o conjunto de dados alfanuméricos desejado e identifica-se o elemento para anexação. A posição para apresentação dos dados pode ser definida pelo acionamento do cursor no modo de entrada de dados (botão direito), na posição desejada junto ao elemento. (Obs: Na utilização deste recurso no programa Microstation não é possível a anexação de dados

de um determinado conjunto a um elemento mais de uma vez.)

Após definidos e posicionados os indexadores de dados alfanuméricos, eles poderão ser apresentados de forma seletiva, a exemplo dos recursos de desenho dos sistemas CAD para seleção dos elementos gráficos a partir de seus atributos (cor, espessura, etc.). Assim, o programa poderá selecionar e apresentar grupos de elementos cujos valores indexados satisfaçam a certos critérios previamente estabelecidos e combinações lógicas entre eles (ex: pontos com vazões situadas entre os valores 2,4 e 5,4 l/s e declividades superiores a 1,5 %; áreas acima de 100m ou abaixo de 87m).

Os resultados das consultas a dados alfanuméricos espacialmente indexados, conforme acima descrito, poderão ser apresentados em forma de "relatórios", ou listas. Estes poderão conter informações acerca dos atributos dos elementos gráficos assim como de seus dados alfanuméricos associados. No Microstation, estes resultados são em forma de arquivos de texto ASCII delimitados por vírgulas, que podem ser reformatados e impressos através de editor de texto. Estes arquivos podem também ser importados por planilhas eletrônicas (ex: Excell) ou gerenciadores de banco de dados.

Como exemplo de aplicação, foram utilizados dados referentes ao Relatório de Caracterização Física da Bacia do Itaócorubi, subsídio para o Plano Diretor de Drenagem, elaborado pelo Laboratório de Drenagem Urbana. Neste documento, são apresentadas as características hidrológicas da bacia principal e das sub-bacias, definidas a partir de pontos de controle distribuídos em locais estratégicos, tais como confluências de rios e cruzamentos entre o sistema viário e a rede hidrográfica.

Foram reunidas informações referentes a 3 sub-bacias, conforme segue:

TABELA 7. Caracterização física das sub-bacias M1, M2 e M3

sub-bacia	área de drenagem km ²	coeficiente de compacidade	fator de forma	declividade média %	elevação média m
bacia M1	0,72	1,16	0,65	22	61
bacia M2	0,46	1,3	2,17	38	83
bacia M3	0,52	0,4	0,79	15	31

Após a definição dos conjuntos de dados para cada uma das bacias, estes dados foram registrados através de indexadores e associados a pontos de controle em cada sub-bacia.

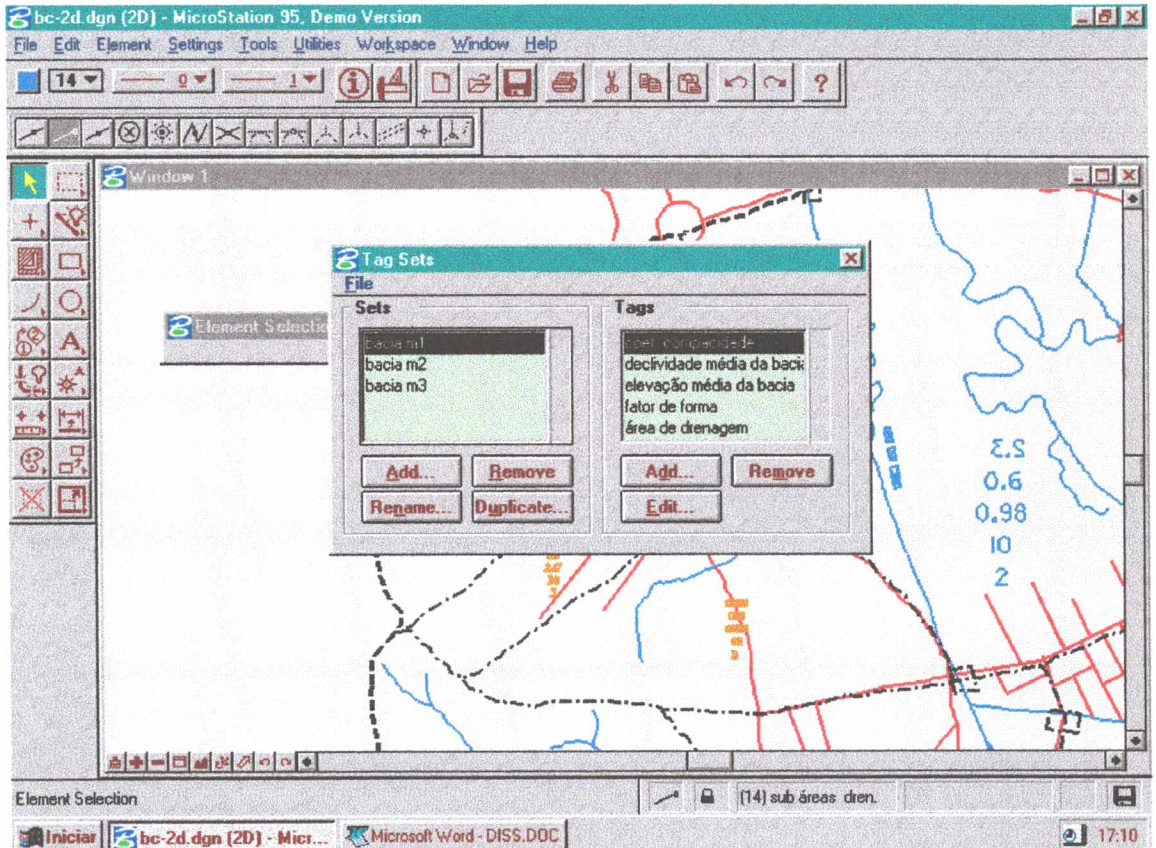


FIGURA 12 Tela do programa Microstation, para definição de indexadores de conjuntos de dados alfanuméricos

3.4.2 Seleção do programa de banco de dados

Para conexão ao aplicativo Microstation Geographics, vários sistemas de bancos de dados de tipo relacional são disponíveis no mercado (Ex: Oracle, ODBC, Access). Com grande variação em recursos, sofisticação e custo, a seleção do sistema ideal deve ser norteada por fatores como as necessidades reais e possibilidades de assimilação, dentre outros. Na presente aplicação, caracterizada por uma quantidade relativamente pequena de dados (comparativamente aos grandes sistemas, como o bancário ou de censo geográfico, por exemplo) outros critérios poderiam ser considerados:

- uso local ou em rede;
- acesso a partir de diferentes tipos de sistemas (ex: Windows NT ou DOS);
- necessidade de memória;
- forma de apresentação dos dados;
- necessidade de interface com outros sistemas.

Sendo objetivado o uso local, em ambiente Windows 95, e com base nos outros requisitos acima, foi selecionado o sistema de banco de dados *Access*, já fornecido com o grupo de programas *Microsoft Office* e de fácil assimilação. O programa é adequado à entrada e gerenciamento de dados alfanuméricos, em formato compatível com o software utilizado para a manipulação e análise espacial de mapas temáticos (*Microstation Geographics*). Com ambiente gráfico bastante acessível, foi relativamente rápida a assimilação dos procedimentos para entrada de dados, criação de tabelas e manipulação de seus conteúdos e inter-relacionamentos. Foram também verificados os recursos de segurança através de senhas e autorização para acesso e/ou edição de dados. Embora compatível com a programação de macros e programação em *Visual Basic* (para automatização de tarefas repetitivas de conexão entre tabelas, por exemplo) tais recursos não foram explorados, por não se fazerem imediatamente necessários às aplicações pretendidas no âmbito deste trabalho. Uma vez que as consultas a dados (através de linguagem SQL ou comandos) seriam originadas no programa de SIG, a exploração do programa de banco de dados se concentrou principalmente na entrada de dados alfanuméricos e montagem de um banco de dados novo, a partir dos requisitos definidos pelo programa de SIG.

3.4.3 Criação de arquivo de banco de dados

A exemplo da criação de arquivos comuns em programas editores de texto, a criação de um arquivo de banco de dados no programa *Access* (extensão ".mdb") é bastante simples. Consiste basicamente em acionar o controle para criação de novo arquivo, nomeá-lo e gravá-lo no diretório desejado. O próprio programa procede a criação e apresentação visual dos "objetos" componentes do banco de dados (tabelas, relatórios, formulários, etc.). Foi criado assim o arquivo "itac-dren.mdb", referente aos dados de características da Bacia do Itacorubi e seus mapas temáticos gerados. Este

seria o arquivo de banco de dados a ser posteriormente utilizado, em conexão com o programa Geographics.

3.4.4 Interface entre o programa de banco de dados e o programa de SIG

A realização de análises espaciais com os mapas temáticos e seus dados alfanuméricos associados envolve a utilização de um sistema de banco de dados. Em função da complexidade destas análises e tamanho dos arquivos gráficos e de dados alfanuméricos, esta associação entre um programa de SIG e o banco de dados se realiza com a intermediação de um programa de interface, que controla o fluxo de informações entre os aplicativos sendo utilizados. Um destes programas tem a sigla ODBC ("conectividade de banco de dados aberto") da Microsoft. Este programa foi utilizado no presente trabalho como interface entre o banco de dados Access e o SIG Microstation Geographics, em ambiente Windows.

O programa ODBC é constituído por um gerenciador de controladores (*drivers*) e um conjunto de controladores ODBC que permitem aos aplicativos acessar dados usando uma linguagem de consulta estruturada (SQL) como linguagem padrão. Um controlador é o recurso que permite abrir e consultar o banco de dados. A arquitetura do aplicativo/controlador é:

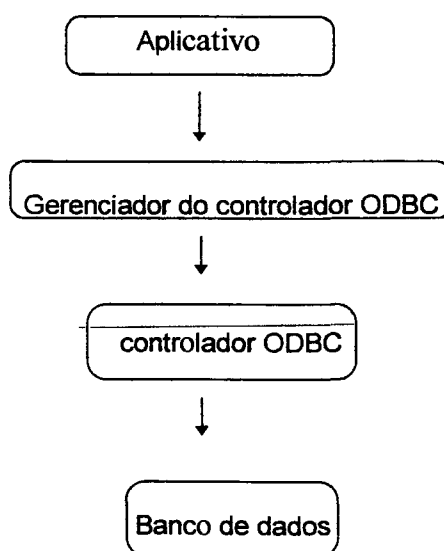


FIGURA 13 Interface entre aplicativo CAD/SIG e banco de dados

Fonte: Texto de ajuda do programa Microsoft ODBC

Para utilização do programa, foi procedida a configuração de uma "fonte de dados" (ou "origem de dados") que é o ítem do programa ODBC em que se especifica o banco de dados que se pretende utilizar e as informações necessárias para chegar a ele. Pode-se definir uma ou mais fontes de dados para cada controlador instalado. O nome da fonte de dados deve fornecer uma descrição exclusiva dos dados; por exemplo, "Bacia do Itacorubi - hidrologia". Neste trabalho, por motivos práticos, a fonte de dados recebeu o mesmo nome do banco de dados, isto é "itac-dren".

3.5 TRATAMENTO DOS MAPAS TEMÁTICOS PARA ANÁLISE ESPACIAL

Para as operações de análise espacial com os mapas temáticos, a forma em que foram obtidos através do sistema CAD (Microstation) apresenta limitações. Assim sendo, o arquivo gráfico digitalizado conforme descrito no ítem 3.3.4.4 deve receber um tratamento específico para a obtenção de representações dos temas em estruturas topológicas adequadas à análise espacial e visualização de informações georeferenciadas.

Esta etapa do trabalho foi desenvolvida através do programa *Microstation Geographics*, que conta com recursos de interface CAD/SIG, sendo totalmente integrado no ambiente gráfico do programa *Microstation*, já utilizado para digitalização e operações em CAD. Desta forma, sua utilização se colocou como alternativa interessante para a continuidade à investigação metodológica desenvolvida até então. Além disso, o fato de não serem necessárias conversões de arquivos com formatos (extensões) diversas dos utilizados até então constituiu ítem vantajoso, comparativamente a outros programas de SIG que poderiam ser utilizados.

3.5.1 Concepção de *projeto* no programa *Microstation Geographics*

Conforme BENTLEY (1997), para a utilização do programa *Geographics*, os dados gráficos gerados em programa CAD recebem novo tratamento, que pode ser compreendido através da concepção de um *projeto*. Em termos gerais, tal concepção considera como projeto o conjunto constituído de mapas, dos elementos sendo

mapeados e a organização dos dados de forma a poderem ser acessados e combinados. Segundo a mesma fonte, os seguintes conceitos são fundamentais:

Feições - representam entidades do mundo real, como postes, lotes, praças, rios, valas, etc. Uma feição tem uma simbologia própria e normalmente apresenta as informações de seus atributos armazenadas numa tabela em um banco de dados de tipo relacional, conectado ao programa. Para cada feição é associado um conjunto de especificações para nível ("camada" de informação), tipo de linha, características de texto, especificações de texturas e padrões gráficos. Uma feição poderá ter também comandos de operações associados, ficando automaticamente habilitada a ser modificada em seus atributos ou sua localização. Em geral, as feições são organizadas hierarquicamente, originando "sub-feições". (ex: Feição: Rios; Sub-feições: Rios de 1º ordem, de 2º ordem, etc.).

Em muitos sistemas de mapeamento as feições são identificadas a partir das informações de atributos. Exemplificando, se no nível 9 ocorre uma linha verde, tracejada e com espessura 2, possivelmente se trata da delimitação de uma "área com vegetação rasteira". Se for anexada a um elemento qualquer do desenho um indicador correspondente à esta feição, o nível e simbologia serão configurados automaticamente (a partir de definição prévia na tabela correspondente àquela feição no banco de dados). Uma feição pertence exclusivamente a uma categoria e geralmente feições similares são agrupadas numa mesma categoria. (Ex: casas e prédios na categoria "ocupação urbana").

Uma feição define um tipo de objeto, como a linha referente aos limites de um lote ou ao limite de zona urbana. Uma vez que uma linha num mapa pode representar mais que um objeto, um elemento gráfico simples poderá ter mais que um indicador de feição anexado a si. Assim a linha inicialmente citada poderá ser vermelha e tracejada se estiver sendo usada para delimitar um lote, podendo a mesma linha apresentar-se contínua e azul se for acionada para representar o limite urbano. A visualização ocorrerá de acordo com as prioridades de apresentação de cada feição. No programa Geographics, um gerenciador de feições e um gerenciador de apresentação podem ser utilizados para anexar, remover ou revisar as feições.

Mapas - são arquivos gráficos que contem informações geográficas pertencentes a uma única categoria ou tema. No banco de dados, os mapas serão registrados numa tabela específica de referência para acesso. Todos os mapas de uma categoria devem ter a mesma extensão de arquivo, facilitando sua identificação com a categoria a que pertencem (ainda que não constem da tabela citada). No contexto de SIG, os mapas podem ser entendidos como arranjos espaciais de feições. Podem corresponder a diferentes enquadramentos de regiões de interesse numa área em estudo. Como exemplos, em um mesmo projeto pode-se ter um conjunto constituído de mapas hidrográficos de uma bacia, de sub-bacias ou de um bairro específico; analogamente, poderia se ter um mapa de vegetação cobrindo toda a área rural do município, um mapa de vegetação abrangendo somente um distrito, etc. Tais mapas seriam selecionados em representações esquemáticas configuradas num "mapa-chave" ou mapa-índice, com a articulação entre os diversos mapas ou situação espacial relativa entre eles (poderão ser adjacentes, circunscritos uns aos outros ou apresentar sobreposições em algumas áreas).

Categorias - em primeira aproximação, podem ser relacionadas aos temas específicos, que constituem objeto do mapeamento temático. No âmbito do programa *Geographics*, o termo categoria tem uma conotação também funcional, se referindo ao conjunto de feições e mapas relacionados por padrões gráficos similares. Como exemplo, podemos citar o conjunto de mapas e feições de vegetação, de hidrografia ou de ocupação urbana. Assim, ao selecionar uma determinada categoria, estaremos acessando um conjunto de mapas (com diferentes enquadramentos de áreas dentro da área total de estudo). Cada um destes mapas estará constituído de feições gráficas do tema escolhido, permitindo a análise específica em termos de tema e área geográfica de interesse.

Tabelas - em um banco de dados conectado a um SIG, os dados gráficos são organizados em tabelas tais como: categorias, feições, mapas, comandos, catálogo, etc. No *Geographics*, as tabelas associadas a elementos gráficos apresentam duas colunas: (i) *MSLINK* (coluna de conexão) que constitui a chamada chave primária, com um único valor para cada linha; (ii) *MAPID*, que é a chave externa de

identificação para a tabela de mapas, com o mesmo valor para todas as linhas ligadas a elementos num mesmo mapa. É através destas tabelas que o programa de SIG acessará e manipulará as informações desejadas, correspondentes a consultas, atualizações, etc.

Estrutura de diretórios - além das tabelas no banco de dados, ao se iniciar um projeto no programa Geographics é criado um diretório do projeto, dividido em sub-diretórios com arquivos para dados, mapas, saídas gráficas, configuração do sistema, etc. Esta estrutura de diretórios objetiva facilitar a organização hierárquica dos fluxos de informações e o acesso a mapas e configurações durante a operação do programa.

3.5.2 Diretrizes para a montagem de projetos

Segundo o manual do programa Microstation Geographics, no desenvolvimento de projetos em SIG, deve-se atentar para os seguintes itens:

- iniciar com uma estrutura simples e com base nos dados disponíveis, tendo-se em mente que há possibilidade de ampliações futuras;
- quando duas feições são diferentes, mas são criadas ou modificadas em sequência, pode ser interessante sua alocação na mesma categoria, prevenindo-se constantes mudanças entre arquivos;
- planejamento do tamanho dos arquivos de acordo com as capacidades do computador, como memória e velocidade de processamento. É mais fácil manusear uma grande quantidade de dados se forem divididos em arquivos de menor tamanho;
- distribuir as feições (de uma categoria) em vários níveis. Caso se tenha muitas feições numa única categoria, deve-se agrupá-las em níveis simples.
- sendo 63 os níveis possíveis, reservar alguns níveis para testes (ex: 1 a 9) e outros para futura expansão (ex: 50 a 63)
- utilizar formatos geométricos simples (retângulos, quadrados) para mapas-índices, evitando sobrecargas ao sistema com formatos de elaboração mais complexa.

3.6.3 Implantação do projeto ITAC-DREN

Como aplicação dos recursos de SIG, foi criado um projeto segundo a concepção anteriormente abordada. Inicialmente, foi criado um conjunto de dados denominado "itac-dren.mdb" no programa Access. Em seguida, foi configurada a fonte de dados no programa ODBC, de interface entre o programa de SIG e o banco de dados.

No programa Geographics, foi criado o projeto, com suas tabelas e diretórios. Como já estavam disponíveis os mapas com os principais temas de interesse (anteriormente digitalizados no programa Microstation), não foi necessária a utilização de arquivo gráfico "semente", com formatos e padrões gráficos pré-definidos, disponibilizado pelo programa. O arquivo com a base cartográfica e as informações de fotointerpretação foi utilizado como arquivo de trabalho.

3.5.3.1 Criação de categorias e feições

Inicialmente, as categorias foram definidas e configuradas através de uma janela própria no programa. Foi mantida a mesma divisão de temas definidos para os mapas temáticos anteriormente elaborados (item 3.3.5.3). Cada categoria recebeu nome, nome de arquivo-índice, nível-índice e extensão. O programa permite também opções para o compartilhamento de feições entre categorias e sobreposição dos respectivos mapas-índices (para localização do mapa em mapa esquemático geral de uma área).

Após a criação de cada categoria, a mesma era registrada no banco de dados, através de um comando específico na janela de configuração. Ficava assim inserida na tabela de categorias, para utilização nas operações de análise espacial e cruzamento de dados.

Analogamente, para a criação das feições pertencentes à cada categoria, são registrados seus nomes. Estes nomes são estruturados em sequências que identificam a categoria, a feição e suas "sub-feições". Como exemplo, citamos a criação das feições *hidro.rio.principal* e *hidro.rio.secundário*, relativas à rios principais e secundários dentro da categoria Hidrografia. As feições recebem ainda uma codificação numérica, análoga a esta denominação. Estas codificações são necessárias à composição de uma estrutura hierárquica, que será utilizada para o acesso, a seleção e a manipulação de dados das categorias e feições nos mapas e tabelas associadas.

Para cada feição são ainda registradas: ordem de apresentação no arquivo gráfico;

prioridade de apresentação (para elementos com várias feições anexadas); tipos de elementos a que poderá se associada (pontual, linear, forma simples ou complexa, etc.); simbologia (espessura, tipo e cor de linhas). Este último item não foi implantado nesta etapa, por ter sido utilizado o recurso de captura das feições a partir do arquivo gráfico já disponível.

Conforme o procedimento anterior com as categorias criadas, após o preenchimento dos campos referentes à configuração das feições, as mesmas foram também registradas no banco de dados, através de um comando específico na janela de configuração.

3.5.3.2 Captura das feições no arquivo gráfico

A partir do arquivo com a base cartográfica e as informações de fotointerpretação organizadas em níveis, foi possível a captura dos atributos para as feições. Desta forma, não havia necessidade de se preencher os campos respectivos, na fase de criação das feições.

Para esta captura, o programa conta com um recurso de fácil utilização. Consiste na seleção e marcação do nome da feição na janela de configuração de feições (ex: hidro.rio.principal). Em seguida, seleciona-se elemento gráfico no mapa (ex: um rio principal na bacia, com o nível hidrologia ligado no mapa). A captura é então acionada, sendo automaticamente preenchido pelo programa os campos relativos às características da feição selecionada. Desta forma, um mapa já digitalizado pode ter suas feições gráficas convertidas em informações alfanuméricas, que ficarão disponíveis nas tabelas do banco de dados associado ao programa de SIG.

Conforme acima descrito, foram criadas a partir do programa Geographics todas as feições para o projeto ITAC-DREN, dentro das categorias anteriormente definidas. No banco de dados Itac-dren.mdb no programa Access, estas categorias e feições ficaram registradas nas respectivas tabelas.

3.5.3.3 Criação de mapas e mapa-índice

No programa Geographics, a criação de mapas consiste nos seguintes itens: criação de mapas com cobertura de áreas específicas dentro da área de estudo, para cada categoria; criação de um mapa-índice ou mapa-chave, para identificação dos diversos mapas dentro de uma área de estudos; definição de formatos em cada mapa, para sua

localização espacial relativa à área total de estudos, através do mapa índice; registro destes mapas nas tabelas do banco de dados associado ao programa .

Uma vez que no presente trabalho a área da Bacia do Itacorubi não chegou a ser subdividida, foi mantido como mapa principal o arquivo gráfico com as informações já disponíveis para toda a área de estudo. Desta forma, não houve necessidade de geração de mapa-índice e dos outros itens acima citados.

3.5.4 Tratamento topológico dos mapas

Para a manipulação das informações e análise espacial, as relações como adjacência e conectividade entre elementos no espaço de trabalho de um mapa são conceitos topológicos de suma importância. Um outro importante conceito é o de *centróide*, constituindo-se de um elemento pontual para conexão de áreas fechadas complexas do mapa à base de dados. Entretanto, figuras simples criadas a partir de digitalização no arquivo gráfico não necessitam de centróides para a conexão ao banco de dados. No presente trabalho, em vários casos as figuras definidoras de áreas já haviam recebido no programa Microstation um tratamento de construção de áreas complexas, que as tornou reconhecíveis como áreas para conexão ao banco de dados. Desta forma, na aplicação da ferramenta para criação de centróides, estas figuras não foram trabalhadas pelo programa.

No ambiente de SIG, as áreas parciais constituídas das feições formadoras das categorias são separadas por *fronteiras*, ou linhas de separação. Uma fronteira é definida por um elemento linear com duas extremidades, separando duas áreas específicas dentro da área de estudo. Poderá também ser a separação entre uma área específica da área de estudo e a parte vazia fora daquela área. Num mapa essas fronteiras formam uma rede de linhas, devendo estar definidas sem duplicidades ou imperfeições, que comprometeriam seu funcionamento enquanto separações entre áreas diferentes.

A. Depuração topológica

Essa etapa do tratamento topológico consiste numa "limpeza" nas linhas de fronteira, de forma a corrigir itens como ocorrência de linhas duplas; linhas coincidentes; fragmentos de linhas (resultantes do processo de digitalização), etc. O programa Geographics permite também a revisão das linhas complexas de um mapa com o objetivo

de suprimir pontos desnecessários na definição destas linhas. Estes pontos em "excesso" constituem também dados no sistema, ocupando memória e tempo de processamento.

Todas estas operações de depuração das linhas são definidas segundo a precisão admitida em função das características dos mapas e seus temas sendo trabalhados. As ferramentas de depuração topológica foram aplicadas ao mapa da Bacia do Itacorubi sendo trabalhado. O programa emite um "relatório" com os resultados de cada operação.

B. Validação topológica

Após as operações anteriores, o programa realiza uma verificação geral para confirmar se todas as áreas estão adequadamente fechadas e em condições de serem conectadas às tabelas e dados no banco de dados. Ao final da operação, o programa emite um relatório com o número de áreas, fronteiras e centróides identificados. O mapa de trabalho fica então habilitado para as operações de consulta, análise espacial e cruzamento de dados alfanuméricos.

3.6 OPERAÇÕES COM MAPAS TEMÁTICOS E BANCO DE DADOS

3.6.1 Operações com linguagem estruturada de consulta (SQL)

Segundo o Guia do Usuário do Programa Geographics, nem todas as funções de todos os programas de bancos de dados são suportadas por um programa de SIG. Sua interface para banco de dados deverá funcionar bem com grande parte daqueles programas, mas é recomendável a realização de testes para confirmação em relação a programas específicos.

Através de um gerenciador SQL o Geographics permite a consulta, criação e atualização de dados em bases relacionais. O programa fornece ferramentas para auxiliar na formulação de consultas em linguagem SQL e sua associação a elementos gráficos.

São possíveis operações de seleção e atualização de atributos a partir de uma tabela específica do banco de dados. Como exemplos, pode ser selecionado o valor máximo de uma determinada coluna, valores situados entre máximos e mínimos, etc. Através da linguagem SQL podem também ser controlados os atributos associados a elementos gráficos nos mapas, bem como sua edição. De modo inverso, podem ser localizados e

evidenciados nos mapas os elementos gráficos que se relacionem a determinado atributos registrados nas tabelas do banco de dados (Ex: localizar no mapa todas as quadras urbanas com declividade entre 10 e 20%; localizar trechos de rios com vazões superiores a 250 l/s).

3.6.2 Operações de análise espacial

3.6.2.1 Criação de camadas topológicas

Para a análise espacial com os mapas é necessário criação destas camadas topológicas, que poderão ser combinadas e analisadas em superposição. Estas camadas são modelos com relações espaciais, elaboradas a partir dos elementos geométricos que foram registrados nos mapas.

De acordo com a análise espacial objetivada, três tipos de camadas são possíveis : Pontual, Linear e Poligonal . Para a criação de uma camada topológica, utiliza-se uma janela de Configurações para Análise Topológica. No menu de configuração, foram selecionadas opções para a criação de camadas a partir de figuras simples e complexas no mapa de trabalho. O programa possibilita também a criação de camadas topológicas com a linguagem SQL. selecionando-se informações "filtradas" para constarem nas camadas a serem trabalhadas em análise espacial.

Como aplicação, foram selecionadas para criação de camadas topológicas os níveis com os temas Cobertura Vegetal e Plano Diretor.

3.6.2.2 Operações com sobreposição de informações gráficas

Estas operações podem ser realizadas entre pontos, linhas ou polígonos (localizados numa das camadas topológicas criadas) e outros polígonos localizados em uma outra camada. As conexões com banco de dados dos elementos originais poderão ser copiadas para a camada topológica resultante.

Na sobreposição de camadas com pontos ou linhas com uma outra camada constituída de polígonos, podem ser efetuadas operações para se obter todos os pontos ou linhas que estão contidos dentro de uma determinada área (ex: postos de medição de nível d'água ou rios contribuintes, situados dentro de uma sub-bacia). Poderiam também ser obtidos todos os elementos gráficos que se localizem *fora* ou *cruzando* uma determinada área (ex: ruas que se localizam fora de uma área sujeita a alagamentos e

que dão acesso à mesma). A camada resultante de informações poderá apresentar o aspecto mais adequado à análise, mantendo-se ou alterando-se os padrões e figuras originais.

Na sobreposição de duas camadas topológicas tipo polígonos, são possíveis as operações interseção, união, diferença e exclusão entre as áreas sobrepostas.

Como aplicação, as camadas topológicas criadas com os temas Cobertura Vegetal e Plano Diretor foram sobrepostas. Após a operação de interseção, pode-se ter evidenciadas as áreas com ocupação residencial admissível, localizadas em áreas com cobertura vegetal tipo Florestas. O programa permite que a área resultante tenha associados seus dados alfanuméricos resultantes da mesma operação lógica entre as áreas, a partir do banco de dados conectado.

3.6.2.3 Utilização de recursos para mapeamento temático

Estes recursos permitem a seleção de itens ou áreas de um mapa a partir de seus valores. Estes itens ou áreas poderão ser diferenciados de seus elementos ou áreas de vizinhança através de uma resimbolização dos elementos gráficos a partir de informações contidas no banco de dados. Através da linguagem SQL os elementos ou áreas de interesse poderão ser selecionados num mapa e receber nova aparência, configurando assim um mapeamento temático a partir das informações gráficas e alfanuméricas disponíveis. Estas rotinas poderão ser registradas e posteriormente reutilizadas em diferentes áreas do mapa. O programa permite também a criação de legendas associadas aos novo temas criados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 PRODUTOS GERADOS

4.1.1 Base cartográfica digital - complementação

As informações complementares digitalizadas na base cartográfica já disponível em meio digital proporcionaram melhor adequação daquele produto aos objetivos do presente trabalho. Os seguintes itens se mostraram importantes facilitadores para a visualização e identificação geográfica de pontos de interesse no mapa: toponímia para algumas localidades e representação de conjuntos prediais de maior referência; delimitação entre as áreas do entorno da bacia e o mar (Baías Norte e Sul); Lagoa da Conceição, sempre presente nos mapas do município e constituindo importante referência na região vizinha à bacia. A delimitação da Bacia do Itacorubi, realizada segundo critérios de hidrologia aplicados pelo Laboratório de Drenagem Urbana - ENS / UFSC, teve também como objetivo reduzir as distorções verificadas em mapas elaborados em trabalhos anteriores.

As informações acima referidas poderiam ainda ser bastante enriquecidas com a identificação *in locu* de referências atuais e de fácil identificação em vistas panorâmicas da área em estudo. Sendo a base cartográfica original utilizada datada de 1994 (IPUF), e diante do grande crescimento em construções observado até o presente, certamente haveria mais referências significativas de conjuntos prediais e espaços urbanos, a serem utilizados nesta base cartográfica. No tocante ao sistema viário a mesma observação se faz pertinente, face à implantação de vários logradouros e acessos adicionais ter ocorrido no período.

Com relação às considerações de escala do mapa analógico e precisão utilizada no processo de digitalização (item 3.3.1), consideramos terem sido satisfatoriamente definidos, para os objetivos pretendidos. Constata-se no mapa a possibilidade de identificação e medição eficiente da célula mínima (20 x 20m) a ser utilizada nos modelos hidrológicos em desenvolvimento no Laboratório de Drenagem Urbana.

Finalmente, considera-se que para utilização em projetos de drenagem urbana a base cartográfica utilizada não seria adequada, requerendo tratamento cartográfico com equipamentos e profissionais com formação específica. Observa-se aqui que o espaço

digital de trabalho utilizado no arquivo gráfico não apresentaria problemas em relação à um aumento de precisão, necessária naqueles casos. Para isto, seriam necessários procedimentos para reconfiguração daquele espaço de trabalho. Foi verificado que o programa utilizado possibilita tais procedimentos como parte de seus recursos.

4.1.2 Mapas temáticos

A. Mapa hidrográfico (Mapa 1, em anexo)

Foi possível a representação dos principais rios, ribeirões e canais retificados, componentes do sistema de macro-drenagem na Bacia do Itcorubi. Com a precisão utilizada no espaço de trabalho em meio digital, haveria ainda capacidade para complementação com mais elementos da drenagem. Desta forma, na rede hidrográfica representada poderia ainda constar as maiores galerias e valas abertas, permitindo maior detalhamento para futuros estudos. Certamente, tal detalhamento teria como limite a precisão utilizada para a construção do mapa (20m).

A localização dos pontos críticos definidos pelo LABDREN e suas respectivas áreas de contribuição teve sua precisão relacionada aos elementos de amarração disponíveis na base cartográfica, tais como confluência de rios, pontes e ruas de referência. Esta precisão poderia ser bastante melhorada com a amarração topográfica em campo e sua associação à pontos de referência conhecidos no mapa.

B. Mapa Topográfico (Mapa 2)

Ficou constituído por curvas-mestras equidistantes em níveis altimétricos de 50 em 50 metros e curvas intermediárias a cada 10 m de altura adicional. Para a escala de 1:10.000, este intervalo entre as curvas se mostrou adequado para a visualização da influência do relevo principal no escoamento das águas na bacia. Entretanto, na área de baixada e mangue (parte nordeste da bacia) seria mais adequado uma menor equidistância entre curvas de nível. Nestas regiões, o relevo se apresenta mais suave e pequenas variações na altura significam grandes extensões horizontais na superfície dos terrenos. Na avaliação de áreas inundáveis esta relação assume grande importância, devendo ser considerada na definição da equidistância vertical entre curvas de nível nestas áreas.

C. Mapa da altimetria com a utilização de cores (Mapa 3)

Este recurso se mostrou bastante eficaz para a percepção das faixas de altitudes dos terrenos na bacia. Com a utilização de variação gradual de tonalidades, ocorre uma automática associação visual e psicológica à altitudes crescentes nos terrenos. Entretanto, não se deve deixar a descoberto o fato de estarem sendo representados somente "degraus" nas altitudes, e não a variação contínua das mesmas. A apresentação deste mapa temático em conjunto com o nível referente à hidrografia permite uma fácil associação entre o relevo e a rede hidrográfica na bacia em estudo.

D. Mapa de cobertura vegetal e solos expostos (Mapa 4)

A cobertura vegetal na Bacia do Itacorubi foi dividida em três sub-temas, para efeito da caracterização de sua influência no sistema de drenagem natural: Áreas com florestas, áreas com vegetação rasteira e mangue. Foi utilizada uma variação de tonalidades em verde para imediata identificação visual destes sub-temas. No mapa resultante, percebe-se facilmente a ocupação urbana sobre a área com cobertura vegetal na bacia. Com a sobreposição de informações do atual Plano Diretor, este mapa permite ainda a avaliação da adequação das áreas definidas como edificáveis.

E. Mapa com áreas edificadas (Mapa 5)

Conforme o item 2.1.2, a identificação e representação das áreas edificadas na Bacia do Itacorubi permite um avanço na avaliação das características de impermeabilização dos terrenos. O procedimento convencional, consistindo de identificação visual, contagem e medições nas fotos ou em restituições aerofotogramétricas, demandaria grande quantidade de operações repetitivas, consumindo bastante tempo em sua execução. Com o mapeamento em meio digital, as informações gráficas e seu processamento ficam disponíveis a partir de operações simples comandadas na tela do computador. No mapa temático obtido, pode se verificar e medir rapidamente as áreas ocupadas por residências unifamiliares, pressupondo-se uma maior disponibilidade de terrenos livres e sem grande comprometimento de sua capacidade de infiltração das águas. Da mesma forma, são facilmente avaliadas as áreas com ocupação por conjuntos prediais multifamiliares, caracterizando em termos médios

superfícies com grandes áreas impermeabilizadas por pátios, telhados e garagens, por exemplo. As cores utilizadas não apresentam conflitos para sobreposição de outras informações gráficas à este mapa temático, como o sistema viário, a rede hidrográfica ou o Plano Diretor vigente no Município, em suas disposições relativas à áreas edificáveis e não-edificáveis.

F. Mapa de áreas edificáveis e áreas não-edificáveis (Mapa 6)

Este mapa temático recebeu tratamento diferente dos anteriores. Suas informações gráficas não foram obtidas a partir de foteointerpretação, mas pela digitalização do mapa específico do atual Plano Diretor, obtido no IPUF - Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis. Tratando-se de plano de informação que se sobreporia aos demais, o preenchimento com cores implicaria em torná-lo "opaco". Tal condição impossibilitaria a análise dos temas obtidos por foteointerpretação, que ficariam ocultos sob aquele mapa. Assim, optou-se pela utilização de hachuras, que permitem a visualização simultânea de informações sobre um mesmo espaço. Na definição do padrão de hachuras utilizado, buscou-se espessuras e equidistância adequadas entre as linhas, possibilitando sua fácil visualização. Entretanto estes itens precisaram ser conciliados com a visualização das informações gráficas que estariam sob este mapa. Linhas muito próximas impediriam essa visualização de "transparência", enquanto linhas muito afastadas tornariam enfraquecida a representação do plano diretor em suas categorias selecionadas. Assim, a partir de testes práticos chegou-se a uma solução que atendesse simultaneamente às condições citadas, conforme se apresenta em anexo. Uma outra alternativa seria a preparação de padrões de hachuras específicos para cada escala de mapa desejado. Entretanto, acreditamos que tal solução comprometeria a funcionalidade dos recursos para visualização e edição de mapas proporcionados pelo programa utilizado.

4.1.3 Projeto em SIG

Além dos mapas temáticos considera-se como produto a implantação de um projeto, segundo a concepção de SIG, para o estudo da drenagem urbana na Bacia do Itacorubi. No projeto implantado foram organizadas as categorias correspondentes aos temas de interesse, a exemplo dos mapas temáticos anteriormente abordados.

O projeto incluiu implantação de um banco de dados, associado ao programa de SIG. Para a alimentação do banco de dados, foram consideradas amostras de dados alfanuméricos referentes às características de interesse para o estudo de drenagem na Bacia do Itacorubi. Os dados ficaram referenciados geograficamente a pontos específicos nos mapas. A implantação das feições dentro de cada categoria permitiu a captura de seus atributos gráficos já definidos nos mapas temáticos produzidos. Com uma organização de diretórios e tabelas de forma flexível, o projeto implantado permite a inserção de novas categorias e feições de interesse, sem prejuízo à estrutura já elaborada. Foi verificado o funcionamento satisfatório e simultâneo do programa de SIG, programa de interface (ODBC) e programa de banco de dados.

4.1.4 Correção dos produtos obtidos

Os produtos anteriormente citados não se encontram em forma final. Não se encontram "prontos para o consumo", que seria sua aplicação aos estudos de drenagem da bacia. Contudo, tal realidade não diminui sua importância enquanto item da investigação metodológica realizada, servindo como mostra concreta dos recursos assimilados e suas potencialidades.

Para a obtenção de produtos finais, seriam necessários alguns refinamentos nas técnicas utilizadas e procedimentos realizados, conforme exemplificado nos seguintes problemas verificados nos mapas:

- distorções verificadas nos mapas digitalizados, erros acumulados;
- problemas de ajuste entre as fotos, nas informações obtidas por fotointerpretação;
- ajuste de todo o mosaico de fotointerpretação, para seu correto referenciamento à base cartográfica utilizada;

Tais correções seriam realizadas através da repetição dos procedimentos com maior atenção aos detalhes de operação na mesa digitalizadora, montagem de mosaico controlado, tratamento estatístico para ajuste à base cartográfica, etc. Tais técnicas deverão ser aplicadas na finalização destes produtos, para sua utilização eficiente e confiável nos estudos de drenagem propostos para a Bacia do Itacorubi.

Cabe observar ainda que na sobreposição dos arquivos gráficos constatou-se a existência de informações de fotointerpretação além dos limites da bacia na base

cartográfica. Isto se deve ao fato de que a fotointerpretação foi realizada sobre cada foto separadamente, avaliando-se a delimitação da bacia por estereoscopia. Na base cartográfica, a delimitação da bacia foi baseada nas curvas de nível existentes na restituição aerofotogramétrica.

4.1.5 Aplicações em drenagem urbana

Os recursos e produtos anteriormente vistos permitem a manipulação dos dados gráficos e alfanuméricos levantados para a Bacia do Itacorubi. Algumas aplicações no equacionamento dos problemas de drenagem seriam as seguintes:

A. Avaliação da impermeabilização da bacia

Com base nos diferentes usos do solo identificados por fotointerpretação, o estado de impermeabilização da bacia pode ser rapidamente avaliado. As áreas ocupadas por edificações, cobertura vegetal e solo exposto, por exemplo, podem ser calculadas diretamente pelo programa, seguindo-se o cálculo de seu percentual em relação à área total da bacia. Tal procedimento permitirá o cálculo eficiente do *coeficiente de escoamento*, para utilização em planejamento e projetos. Esta aplicação poderá ser efetuada também para áreas ou localidades específicas dentro da bacia em estudo, com a utilização dos recursos de visualização e processamento de informações gráficas disponíveis no programa utilizado.

B. Superposição de mapa de áreas edificáveis e áreas com cobertura vegetal

Esta superposição de informações gráficas permite a avaliação e quantificação de novas áreas a serem edificadas e portanto desmatadas, com conseqüências diretas no processo de impermeabilização da bacia. Com as ferramentas de consulta a dados alfanuméricos associados, seria possível informações do tipo "superfície em hectares a ser desmatada x quantidade possível de residências a serem alocadas", subsídios a análises de custo-benefício e/ou indicativas de caminhos alternativos na gestão do espaço urbano.

C. Cobertura vegetal x curvas de nível x hidrografia

Com estas informações pode-se fazer a avaliação do comportamento de regiões

dentro da bacia em função de suas feições morfológicas, padrões de drenagem e retenção das águas de chuva pela vegetação. Juntamente com os dados alfanuméricos relativos a níveis de água, seções de escoamento e vazões em pontos de controle na rede hidrográfica, estas análises constituirão subsídios para o planejamento destes espaços quanto às possibilidades de ocupação urbana. Desta forma, poderá ser preenchida importante lacuna no atual Plano Diretor, que define como áreas non-edificandi os terrenos acima da cota 100m e com declividade superior a 46,4%, conforme apontado em CECA/FNMA (1997). Ao estabelecer de forma generalizada tais restrições à ocupação, aquela lei não contempla as especificidades existentes com relação à fatores como cobertura vegetal e drenagem, que seriam importantes condicionantes à ocupação adequada.

D. Simulação de padrões de ocupação da bacia e suas conseqüências para a drenagem

Através de fotointerpretação foi possível uma caracterização dos padrões de ocupação, no tocante aos graus de impermeabilização dos terrenos na Bacia do Itacorubi. Estas áreas poderiam ter suas novas características de impermeabilização estimadas a partir das tendências de ocupação ora observadas e das diretrizes do Plano Diretor do Município, também caracterizado em um dos mapas temáticos. Com a utilização dos recursos de edição gráfica, seria também possível a rápida simulação da ocupação de novas áreas. O cruzamento destas informações permite a avaliação e prevenção de futuros problemas. Um exemplo seria a maior impermeabilização de terrenos à montante de áreas já críticas quanto ao escoamento das águas de chuva.

E. Avaliação da interação do sistema viário com o escoamento das águas

Embora não seja comumente considerado nos projetos de drenagem urbana, as vias públicas exercem importante função no escoamento das águas, seja como definidoras dos percursos de galerias, seja como condutoras das águas que escoam superficialmente pelas sarjetas, ou até funcionando como barragens nas situações de pico. O mapeamento do sistema viário com relação a estas situações possibilita uma melhor avaliação de sua interação com o sistema de drenagem existente ou futuras intervenções e implantações de obras. Serve também como importante subsídio à estruturação da defesa civil para

ocasiões de emergência, evidenciando percursos possíveis, trechos com maior possibilidade de inundações, etc.

F. Ocupação das encostas e baixadas

Em situações topograficamente opostas, estas ocupações do espaço urbano apresentam conhecido potencial de conflito. A ocupação de encostas apresenta-se como causa e sofre também as conseqüências de problemas em função da drenagem deficiente. Erosões, instabilidade de terrenos e prejuízos a pavimentos e residências são comuns nestas regiões, podendo ser preventivamente tratada com o controle adequado das águas, superficialmente ou através de condutos. Para a população, o mapeamento destes problemas possibilita seu melhor conhecimento e a conscientização no que se refere à manutenção dos terrenos, disposição adequada de lixo, etc.

Nas baixadas, receptoras das águas e detritos carreados pelas águas ao longo das encostas, o mapeamento da ocupação poderá apontar situações de risco iminente ou alternativas de convívio, para áreas com pouca possibilidade de remoção das habitações. A apresentação de dados geo-referenciados referentes aos níveis d'água já registrados e número de residências em determinadas áreas, facilmente visíveis em um mapa, pode funcionar como importante fator auxiliar à conscientização e mobilização da comunidade para resolução do problema. Considera-se este um caminho necessário para a concretização de medidas não-estruturais em drenagem urbana, conforme abordado no item 2.1.4 da revisão de literatura neste trabalho.

G. Mapeamento atualizado de áreas inundáveis / áreas de risco / cotas de enchente / níveis de alerta

As aplicações práticas destas informações são imediatas, mormente em áreas que já experimentaram situações de risco e prejuízos concretos em várias ocasiões, como os bairros Santa Mônica e o próprio campus da UFSC, por exemplo. A atualização através do projeto de SIG implantado pode ser rápida e segura, uma vez que implica somente na entrada de novos dados a partir de levantamentos em campo ou informações fornecidas pela própria comunidade e supervisionadas por pessoal técnico adequado. De acordo com o público alvo a que se destinam, os mapas gerados podem receber tratamento gráfico específico e adequado, com ênfase a referências e problemas de maior

importância em seu dia a dia. Desta forma, tais mapas poderiam ter aplicação mais eficiente como meios de informações técnicas em formato acessível à comunidade.

H. Avaliação de densidade da rede hidrográfica

Dentro da Bacia do Itacorubi, as áreas ocupadas por edificações não apresentam a mesma "disponibilidade" de rios e valas próximos, em que são descarregadas as águas escoadas superficialmente. Em estudos específicos para a resolução de problemas de drenagem nestas localidades, a avaliação da disponibilidade de corpos d'água para lançamento das águas é fator determinante no custo das obras, definindo comprimentos de galerias e volumes de escavação (fator de grande peso nestes custos).

I. Delimitação de várzeas e áreas de inundação

Para a estruturação de um Plano Diretor de Drenagem, esta informação constitui insumo fundamental, permitindo a consolidação legal de áreas de proteção ao longo dos rios e canais e a adequação dos usos possíveis à "vocação hidrológica" de determinadas áreas, a exemplo de parques e quadras esportivas, periodicamente inundáveis sem maiores prejuízos   popula o.

4.2 METODOLOGIA INVESTIGADA

4.2.1 Aspecto geral

Conforme já abordado, a manipula o de informa es gráficas em associa o com banco de dados proporciona um imenso potencial de aplica es, simulando cenários e fornecendo informa es gráficas e alfanuméricas elaboradas de forma bastante ágil e segura em compara o aos recursos convencionais. Conforme a rela o de itens a serem futuramente explorados, a metodologia investigada apresentou grande valor para o avanço nas técnicas empregadas até então em meio analógico. Entretanto, cabe considera es de ordem prática, face   naturais resistências   inova o tecnológica, sempre presentes na implanta o de novos sistemas. Como contribui o neste contexto, apresenta-se o quadro a seguir, em que se relacionam vantagens e desvantagens percebidas durante o trabalho com o sistema investigado.

VANTAGENS	DESVANTAGENS
<p>Rapidez no acesso e seleção de mapas e dados</p> <p>Grande redução na necessidade de espaço físico</p> <p>Simulação de situações, rapidamente e a baixo custo</p> <p>Ótima qualidade de apresentação</p> <p>Recursos automatizados para cores e texturas</p> <p>Possibilidade de rápida atualização dos dados</p> <p>Rapidez na produção de desenhos e mapas</p> <p>Automatização de tarefas repetitivas</p>	<p>Custo imediato de aquisição de equipamentos e programas</p> <p>Necessidade de bom conhecimento básico em computação</p> <p>Necessidade de investimentos em assimilação de conceitos e treinamento</p> <p>Obrigatoriedade de rotinas de segurança e proteção dos produtos</p>

4.2.2 Recursos de informática

Com relação aos recursos de informática assimilados no decorrer do trabalho, destacaríamos os seguintes itens como essenciais:

- recursos para proteção de arquivos contra virus e geração de cópias de segurança;
- compactação de arquivos para gravação em disquetes;
- gerenciamento de memória e velocidade de processamento.
- integração entre equipamentos periféricos e CPU através de seus programas gerenciadores.
- configuração de cores para conciliação entre vídeo e material impresso.
- familiarização no ambiente de trabalho no vídeo, com assimilação de técnicas para controle de janelas de programas e sua operação simultânea e interativa.
- familiarização básica com o ambiente de rede interna de computadores e Internet.

Sendo pressupostos para a operação eficiente dos programas principais utilizados, os itens acima demandariam atenção externa ao laboratório por parte da estrutura da universidade. Entretanto, face à atual tendência dos programas serem auto-explicativos, mostrou-se interessante e viável uma pequena alocação de tempo da pesquisa para a assimilação daquelas ferramentas, de uso cada vez mais rotineiro em um ambiente de desenvolvimento tecnológico.

4.2.3 Dinâmica do trabalho

Neste aspecto do trabalho, os seguintes itens podem ser abordados, tendo constituído aspectos fundamentais ao desenvolvimento da pesquisa:

Trabalho individual, composto de levantamentos iniciais, pesquisa bibliográfica, assimilação de programa e recursos em meio digital, concepção da aplicação e redação. Esta relação de tarefas permitiu uma avaliação da distribuição eficiente entre "momentos" diferentes no trabalho individual. Desta forma, atividades de leitura, compreensão de textos e anotações de observações pessoais foram intercaladas com seções de trabalho no computador.

Trabalho em equipe, consistindo de reuniões periódicas e seções de trabalho no computador e periféricos. Em reuniões informais eram colocados os avanços obtidos, sanadas dúvidas e definidas orientações para etapas seguintes. As seções práticas no computador serviram a um permanente exercício de aplicação dos conceitos lidos nos manuais dos programas, com experimentações, troca de idéias e avaliação de alternativas possíveis para cada passo.

5. RECOMENDAÇÕES

Como continuidade à exploração de recursos realizada, relaciona-se os seguintes itens:

Mapa de declividades - constitui-se de importante informação para análises em drenagem urbana. Sua elaboração implica em algoritmo simples para cálculo de declividade por elementos de áreas e técnicas de representação, já parcialmente assimiladas no decorrer deste trabalho.

Mapa de solos segundo permeabilidade - a partir dos mapas temáticos de ocupação e mapas geológicos já elaborados em recentes trabalhos de mestrado (LIMA Jr., 1997) e doutorado (SANTOS, 1997), a característica de permeabilidade dos solos poderia constituir novo mapa temático, de utilização efetiva na avaliação de condicionantes para o planejamento da Bacia do Itacorubi.

Recursos de trabalho em 3 dimensões - os programas utilizados permitem a evolução dos mapas desenvolvidos para a representação tridimensional. Do ponto de vista de visualização da área, esta representação configurará importante avanço tecnológico, permitindo a perspectiva mais próxima da realidade vista em campo. A exploração destes recursos é recomendada em etapa subsequente, com grande aplicabilidade também na divulgação das características urbanas e hidrológicas da bacia estudada.

Utilização de imagens obtidas a partir de satélites, com melhor atualização dos dados gráficos e a custo cada vez mais acessível. A disponibilidade de imagens com resolução cada vez melhor enseja sua utilização rotineira em atualização de bases cartográficas e mapas temáticos como os do presente trabalho. As informações de cobertura vegetal, por exemplo, poderão ser rápida e periodicamente atualizadas para a avaliação de tendências de modificações, no tempo e no espaço. Uma vez que os programas aqui utilizados comportam o tratamento cartográfico e a manipulação de imagens em estrutura matricial (*raster*), a incorporação destas imagens poderá constituir precioso manancial de informações a ser disponibilizado por trabalhos subsequentes.

Divulgação de fundamentos de SIG e mapeamento temático digital em cursos

técnicos e em nível de graduação. Pelo grande potencial de aplicação verificado, pode-se antever a necessidade de formação técnica específica para a lida com programas de SIG em futuro muito próximo. Face à disponibilidade e popularização da informática já verificada em nível de 2º grau, recomenda-se a inserção dos princípios de SIG nos cursos técnicos com interfaces de aplicação desta tecnologia. O presente trabalho permitiu uma avaliação da possibilidade de rápida assimilação destes recursos, mediante um planejamento adequado e estratégico de ensino.

Recomenda-se ainda a divulgação a prefeituras de cidades de médio porte, micro-regiões e órgãos de planejamento e gestão de sistemas de infra-estrutura urbana. Com a pequena amostra dos recursos observados no presente trabalho, a lida com os problemas característicos dos aglomerados urbanos pode ser bastante facilitada com um adequado projeto em SIG. Face à presença já rotineira da informática nestes espaços de trabalho, pode-se considerar *a priori* interessante a implantação de um projeto nesta linha, por sua perspectiva de uma ótima relação custo-benefício, destacando-se a urgência na solução dos problemas de infra-estrutura urbana já sofridos por grande parte de nossas cidade de porte médio.

Como recomendação, considera-se ainda um trabalho de sistematização da terminologia técnica nas áreas de pertinência do presente trabalho. Puderam ser percebidas duplicidades e inadequação de determinados termos, que prejudicam o entendimento dos textos e manuais lidos. Não descartamos aqui uma postura auto-crítica, pois ao longo do presente trabalho é provável que se encontrem exemplos de tais problemas. Entretanto, visto que tal abordagem não caberia no escopo da presente dissertação, fica a recomendação de um trabalho específico, que consideramos de suma importância na consolidação do conhecimento técnico.

Especificamente para a área estudada, seria recomendável a continuidade aos trabalhos de mapeamento temático, por sua importância como facilitador na percepção da realidade física da Bacia do Itacorubi pela população. Seria interessante o prosseguimento dos trabalhos de campo e o contato periódico com moradores, para identificação e complementação das referências locais sob a perspectiva da população (levantamento de nomes populares de localidades, ruas, prédios de referência, etc.). Estas informações seriam imediatamente incorporadas aos mapas, contribuindo para sua fácil leitura e melhor percepção da realidade.

Finalmente, chamamos atenção para a importância da continuidade do presente trabalho no tocante a sua associação com o modelo hidrológico sendo desenvolvido para o Plano Diretor de Drenagem da Bacia do Itacorubi. Com mobilização perceptível da comunidade e administração pública pela solução dos prejuízos recém sofridos, a incorporação desta tecnologia de SIG se faz fator de grande peso na gestão mais eficiente da Bacia e seus problemas de drenagem.

6. CONCLUSÃO

Tendo a presente dissertação como proposta um trabalho com mapeamento e organização de dados através de técnicas modernas em meio digital, tal empreitada ensejou diversos aspectos, sendo destacados os seguintes:

O resgate de conceitos fundamentais em representação gráfica, a exemplo da escala e da precisão, constituiu aspecto de grande relevância. No dia à dia do profissional de planejamento, tais itens ficam incorporados a uma rotina de lida com mapas e desenhos esquemáticos, sendo raros os momentos de questionamento e reflexão acerca da relação entre a realidade em campo e suas formas de representação. A lida com o espaço físico real através de mapas e dados não pode ser dissociada da dimensão real daquele espaço. Abstrações excessivas em fases de concepção se mostram inviáveis durante a implantação de projetos e programas para intervenção no espaço urbano.

O trabalho desenvolvido proporcionou a constatação de que a evolução tecnológica pode resolver de forma cada vez melhor a questão da dissociação entre a representação gráfica em papel, estática e altamente seletiva, em direção à representação em meio digital, dinâmica e com possibilidade de atualização cada vez mais freqüente, em que as informações de interesse podem ser selecionadas e trabalhadas numa perspectiva de simulação da realidade nunca antes imaginada.

No tocante ao tema escolhido para aplicação da metodologia, a drenagem urbana, o inventário realizado para o início do trabalho permitiu um melhor conhecimento da realidade e carências das instituições envolvidas. Permitiu situar o espaço da presente pesquisa acadêmica dentro de um contexto real e atual, possibilitando a geração de mapas com utilização imediata, que permitem em primeira aproximação uma visualização das características de interesse na Bacia do Itacorubi, como a cobertura vegetal e as áreas impermeabilizadas pela ocupação dos terrenos com casas e prédios. Ao lidar com mapas no formato analógico em papel, ficou evidenciada a necessidade de sua melhor organização e atualização, com a freqüência necessária aos trabalhos de planejamento e projetos em drenagem urbana. Como contribuição neste aspecto, o presente trabalho pode apontar um caminho tecnológico possível para um planejamento e ação integradores dos diversos temas em questão, como os padrões de ocupação dos

terrenos, declividades de logradouros e conservação da cobertura vegetal em determinadas localidades.

Ao se avançar na metodologia, rumo a um Sistema de Informações Geográficas, a montagem do projeto em SIG e toda a assimilação da operação com o conjunto de programas necessários constituiu um aprendizado valioso. A assimilação de conceitos novos para a realização de tarefas tradicionais, de forma mais eficiente e segura, pode ser considerada um resultado concreto alcançado, correspondendo ao objetivo geral proposto no item 1.3 desta dissertação.

No decorrer das atividades, consideramos ainda de grande importância o intercâmbio técnico com outros departamentos e setores da universidade e externos, à exemplo do Laboratório de Drenagem Urbana do Departamento de Engenharia Sanitária e do Grupo InfoArq - Labmicro, Departamento de Arquitetura da Universidade. Sendo o planejamento urbano uma questão de natureza multidisciplinar, o envolvimento de profissionais com diversas formações significa coerência na abordagem das questões pertinentes.

No tocante aos objetivos específicos apontados, consideramos que foi desenvolvida uma etapa inicial de organização de dados, correspondente ao inventário e dos dados relativos a drenagem na Bacia do Itacorubi. Conforme já mencionado, as visitas às instituições relacionadas à questão permitiu a apropriação da situação atual do setor no Município e especificamente na bacia estudada. Um trabalho contínuo de complementação e atualização de informações seria a decorrência natural desta primeira etapa realizada. As técnicas para tratamento gráfico de mapas em meio digital, foram exploradas de forma acessória, em virtude da maior dedicação necessária às questões de informática e entendimento conceitual das técnicas envolvidas na transferência dos dados do meio analógico para o digital. Contudo, os mapas gerados traduziram uma preocupação constante na utilização de cores e padrões gráficos que evitassem conflitos na representação e visualização dos temas abordados.







Finalmente, ressaltamos o potencial de uso dos recursos explorados em outras aplicações de planejamento e gestão urbana, estudos epidemiológicos, estudos com variações geográficas e temporais, cruzamentos com variáveis de uso e ocupação do solo, elaboração de planos, cadastro, gestão de serviços de infra-estrutura urbana., saneamento básico e defesa civil, dentre outras.

ANEXO A**MAPAS TEMÁTICOS
(DEMONSTRATIVOS)**

MAPAS TEMÁTICOS — LEGENDA

HIDROGRAFIA Sub-áreas de contribuição - LABDREN 
 Rios e canais 
 Pontos críticos - LABDREN 

ALTIMETRIA

0 - 50 m 
 50 - 100 m 
 100 - 200 m 
 200 - 300 m 
 300 - 400 m 
 400 m p/ cima 

COBERTURA VEGETAL

Mangue 
 Areas de floresta 
 Areas de vegetação rasteira 





SOLOS

Solos expostos 

AREAS EDIFICADAS

Areas de condomínios multifamiliares 
 Areas de residências unifamiliares 

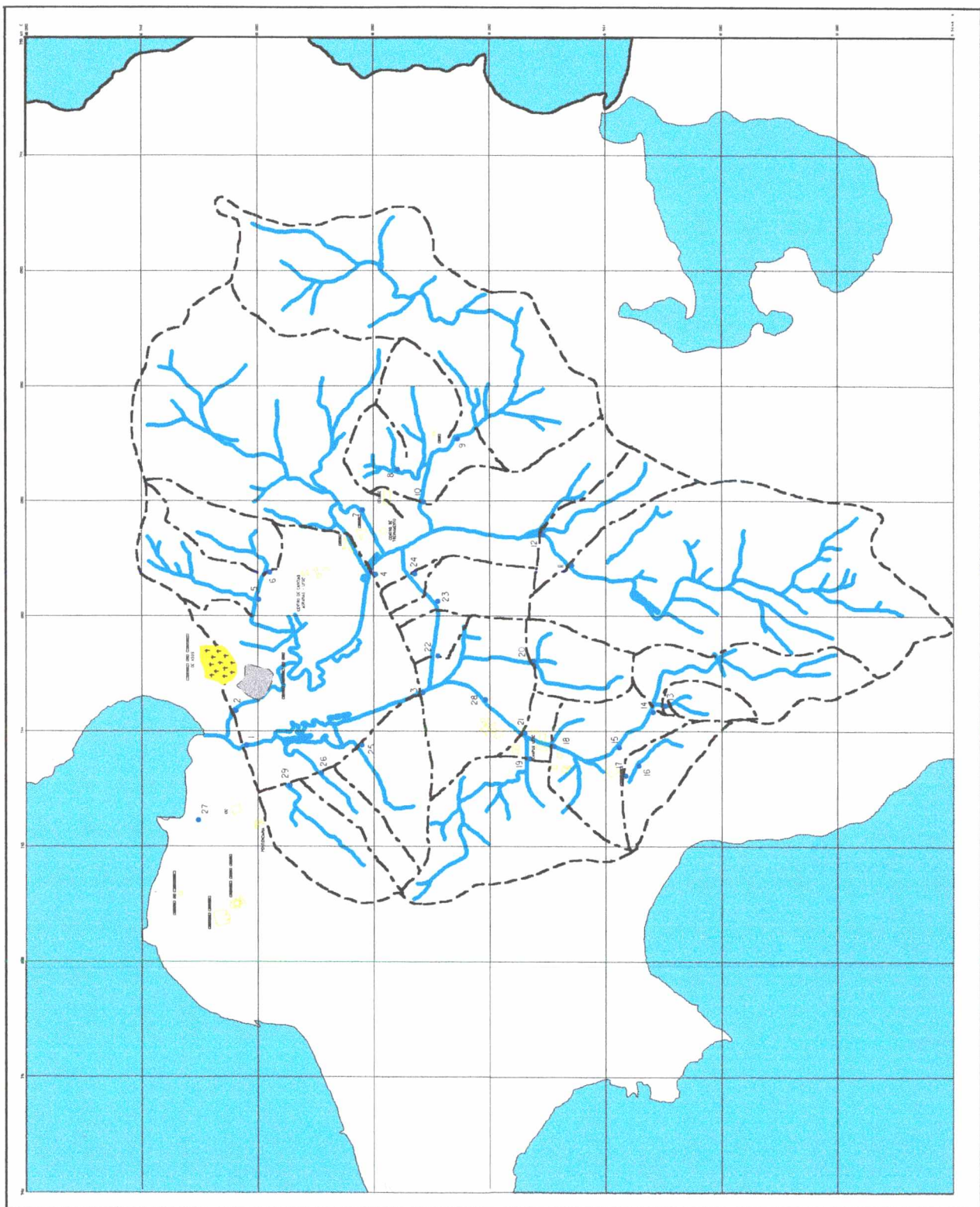
PLANO DIRETOR

Areas de preservação 
 Areas de preservação permanente 
 Areas verdes de lazer 
 Areas residenciais 

Intersecção: Areas de cobertura vegetal localizadas em áreas edificáveis 

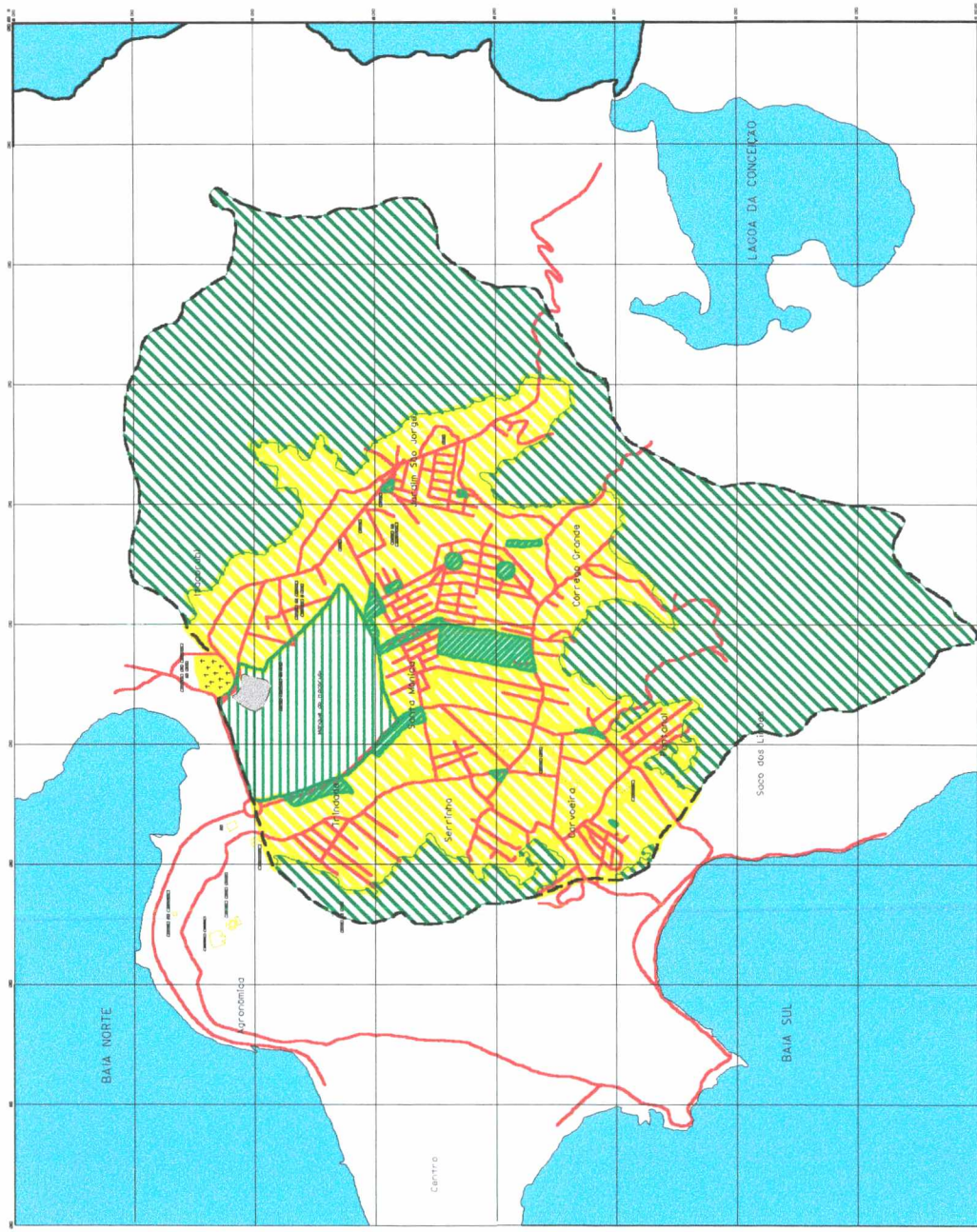
Intersecção: Areas edificadas localizadas em áreas de preservação (Plano Diretor) 

Simbologia utilizada nos mapas temáticos



Mapa 1 Bacia do Itacorubi - Sistema natural de drenagem (esc. aprox. 1:50.000)

Fonte: Levantamento Aerofotogramétrico 1994 - IUP
 Empresa responsável: ESTEIO
 MAPAS TEMÁTICOS — LEGENDA



Áreas de preservação permanente
 Áreas de preservação ambiental
 Áreas residenciais

PLANO DIRETOR

Base cartográfica: aerofotogramétrica
 Levantamento: aerofotogramétrico

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
 Escala: 1:50.000
 Datum: SIA 54
 Sistema de Projeção: UTM
 Sistema de Coordenadas: UTM
 Datum: SIA 54
 Sistema de Projeção: UTM
 Sistema de Coordenadas: UTM



Escala: 1:50.000
 Datum: SIA 54
 Sistema de Projeção: UTM
 Sistema de Coordenadas: UTM
 Datum: SIA 54
 Sistema de Projeção: UTM
 Sistema de Coordenadas: UTM

BACIA DO ITACORUBI - Florianópolis - SC
 MAPEAMENTO TEMÁTICO

UFSC - CENTRO TECNOLÓGICO
 CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
 ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Cabeceira Técnica Multidisciplinar
 DISENTAÇÃO
 Desenvolvimento urbano: técnicas e dados em meio digital.
 Aplicação à Baía do Itacorubi, Florianópolis - SC
 MESTRANDO: Gilberto Antônio do Nascimento
 ORIENTADOR: Dr. Carlos Maria Gryn
 DOUTORANDA: Alexandrina Queiroz
 Coorientador: Lúcio J.F.
 Bolsistas: Dina Elaine Kobayashi
 João Vitor HESS, Guimarães, N. Rodrigo

Florianópolis, SC 1997/98

0 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000
 METROS
 ESCALA: 1:50.000

Mapa 6 Bacia do Itacorubi - Áreas edificáveis e não-edificáveis

ANEXO B

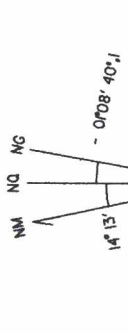
MAPAS EM ESCALA 1:15.000

Fonte: Levantamento Aerofotogramétrico 1994 - IPUF
 Empresa responsável: ESTEIO
 MAPAS TEMÁTICOS — LEGENDA

- AREAS**
 Edifícios: ■ Áreas de condomínios multifamiliares
 Edifícios: ■ Áreas de residências unifamiliares
- PLANO DIRETOR**
 Áreas de preservação: Áreas de preservação permanente
 Áreas verdes de lazer:

Base cartográfica original: IPUF
 Levantamento aerofotogramétrico

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
 FOTOGRAFIAS OBTIDAS EM 1979
 DECADÂNCIA MÉDIA: 87%
 ESCALA: 1:100.000
 NO CENTRO DA FOLHA



VIMARCO BUAL, P.S.
 PROJETO UNIVERSAL, TRAVESSIA DE MÉRITOR
 MÉRITORIO CENTRAL, S.A.
 R. N. 1.000.000.000
 DATUM: BRASILEIRO 1964 (S. 56)
 DATUM: NOROCCIDENTAL BRASILEIRO (S. 56)

BACIA DO ITACORUBI - Florianópolis - SC
 MAPEAMENTO TEMÁTICO

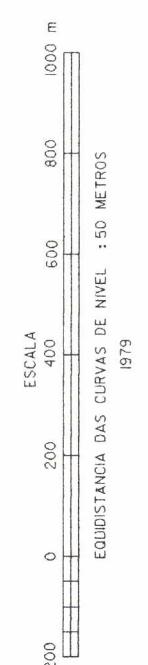
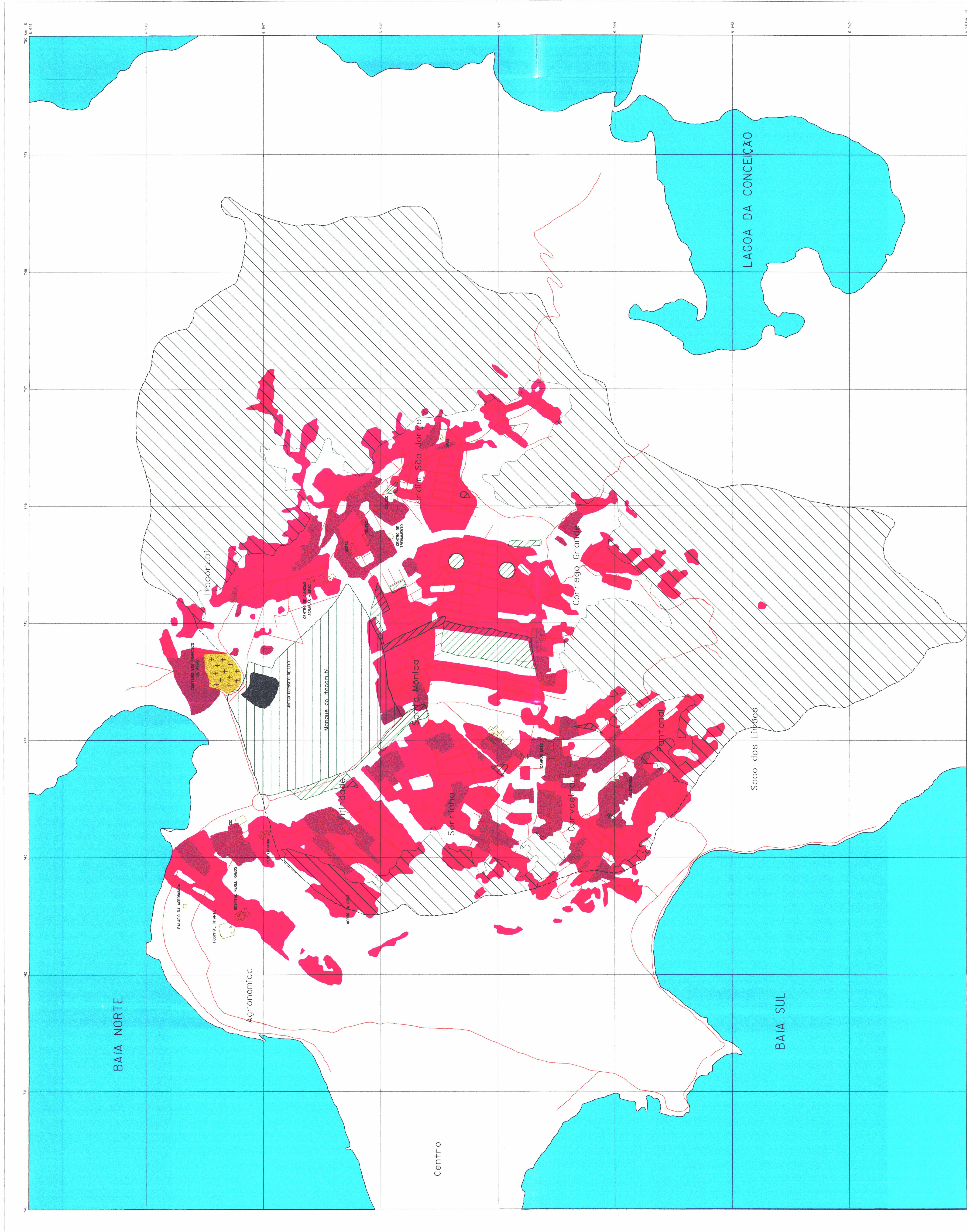
UFSC - CENTRO TECNOLÓGICO
 CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
 ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Cadastro Técnico Multifinalitário

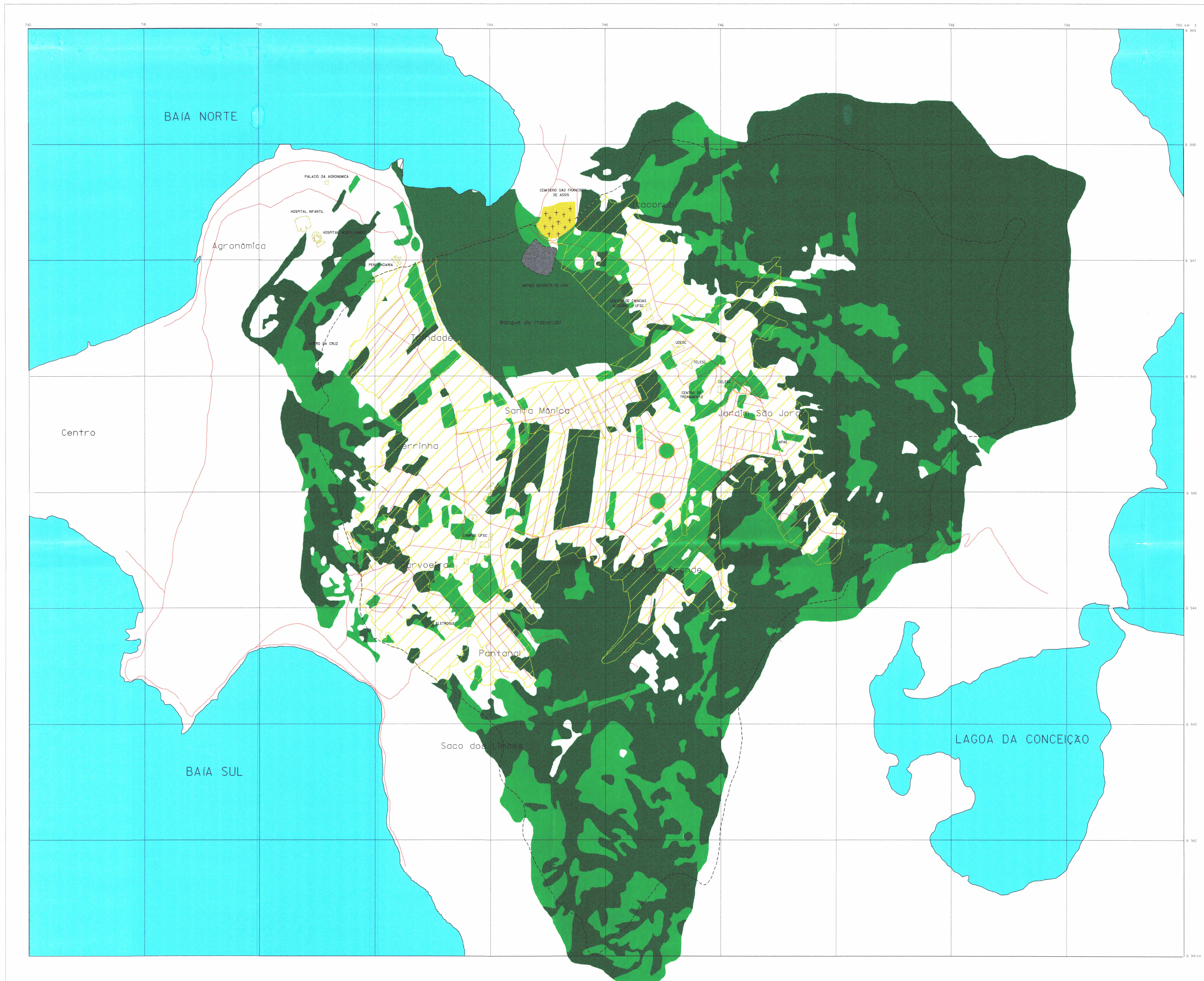
DISSERTAÇÃO
 Drenagem urbana: mapas e dados em meio digital.
 Aplicação à Baía do Itacorubi, Florianópolis - SC

MESTRANDO: Gilberto Antônio do Nascimento
 ORIENTADORA: Dra. Dora Maria Orth

DIGITALIZAÇÃO: Alexandre Guedes
 Cesarino Lima Jr.
 Bolsistas CNPq: Aline Kapsch
 João Vicente Hess Guimarães, K. Wanka

Florianópolis, SC 1997/98





Fonte: Levantamento Aerofotogramétrico 1994 - IPUF
 Empresa responsável: ESTEIO
 MAPAS TEMÁTICOS — LEGENDA

- TOPOGRAFIA** Curvas-mestras
- COBERTURA VEGETAL**
- Mangue
 - Áreas de floresta
 - Áreas de vegetação rasteira

Áreas residenciais

Base cartográfica original: IPUF
 Levantamento aerofotogramétrico

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
 FOTOGRAFIAS OBTIDAS EM 1979
 DECLINAÇÃO MAGNÉTICA 1979
 E CONVERGÊNCIA MERIDIANA
 NO CENTRO DA FOLHA

VARIACÃO ANUAL: 0,5
 PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
 MERIDIANO CENTRAL: 50°W
 X: 1 000 000
 DATUM HORIZONTAL: SAD 83 - IBER
 DATUM VERTICAL: MAREGRÁFICO MBITUBA-SC-IBGE

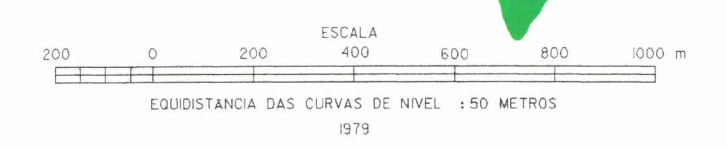
BACIA DO ITACORUBI - Florianópolis - SC
 MAPEAMENTO TEMÁTICO

UFSC - CENTRO TECNOLÓGICO
 CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
 ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Cadastro Técnico Multifinalitário
 DISSERTAÇÃO
 Drenagem urbana: mapas e dados em meio digital.
 Aplicação à Bacia do Itacorubi, Florianópolis - SC

MESTRANDO: Gilberto Antônio do Nascimento
 ORIENTADORA: Dra. Dora Maria Orth

DIGITALIZAÇÃO: Alexandre Guedes
 Cesário Lima Jr.
 Bolsistas CNPq: Aline Kopsh
 João Vicente Hess, Gulmarões, K. Wanka

Florianópolis, SC 1997/98



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIBLIOGRAFIA CITADA

- ANDRADE, D.F.P.N. de. *Terminologia da Avaliação de Trabalhos Cartográficos*. In: 1º Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, Florianópolis, SC, p. 118 a 123, 1994.
- BENTLEY Systems Inc. *Database Guide - Microstation V.5 - Academic Suite*. Exton, PA, USA. 1995.
- *Microstation Geographics User's Guide - Academic Suite*. Exton, PA, USA. 1997.
- BRITO, J.L.N. e S. Proposta de metodologia para a classificação de documentos cartográficos. In: *Revista Brasileira de Cartografia*, nº 41, Janeiro de 87, p. 27 a 42. 1987.
- BURROUGH, P.A. *Principles of geographical information systems for land resources assessment*. Oxford, UK: Oxford University Press, 1991.
- CECA / FNMA. *Uma cidade numa ilha: relatório sobre os problemas ambientais da Ilha de Santa Catarina*. Centro de Estudos, Cultura e Cidadania - CECA. Florianópolis: Insular, 1996.
- DALE, P. e McLAUGHLIN, J. D. *Land information management - An introduction with special reference to cadastral problems in third world countries*. Londres: Oxford University Press, 1990.
- DATE, C.J. *Bancos de Dados: fundamentos*. Tradução de Hélio Auro Gouveia. Rio de Janeiro: Campus, 1985.

_____. *Introdução aos Sistemas de Bancos de Dados* Tradução de Hélio Auro Gouveia. 4 ed. Rio de Janeiro: Ed. Campus, 1986.

DUARTE, P.A. *Cartografia Temática*. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1991.

FREITAS, C. O. A. *Computação gráfica aplicada a projetos de microdrenagem urbana - uma abordagem atual*. PUC-PR. Instituto de Saneamento Ambiental - ISAM. In: III Simpósio Ítalo-brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental - SIBESA. 9-13/6/96, Gramado, RS: 1996.

IRTCUD - "International Workshop on Non-Structural Flood Control in Urban Areas", documento de apresentação de evento organizado para o Programa Hidrológico Internacional da UNESCO - Fase V, através do Centro Regional para Climas Tropicais - São Paulo, SP, 1997.

ITIS Informática Industrial Ltda. *Manual Básico 2D, versão 5.5 para Microstation 95*. Florianópolis: (1995)

JOLY, F. *A Cartografia*. Campinas, SP: Papirus, 1990.

KORTE, G.B. *The GIS Book*. Santa Fé: Onword, 1994

LABDREN - Laboratório de Drenagem Urbana do Departamento de Engenharia Sanitária - UFSC. Plano Diretor de Drenagem para a Bacia do Itacorubi, Florianópolis: UFSC, 1996.

LEITE, L.L.P. *Introdução aos sistemas de gerência de bancos de dados* São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

LIMA Jr., C.O. *Mapeamento geotécnico do município de florianópolis em meio digital visando o sistema de informações geográficas*. Dissertação de Mestrado - Eng.

- Civil, UFSC: Florianópolis, 1997.
- LINSLEY, R.K. e FRANZINI, J.B. Engenharia de Recursos Hídricos. Tradução e adaptação por Pastorino, L.A. São Paulo: Ed. McGraw-Hill do Brasil, Ed. da Universidade de São Paulo, SP, 1978.
- LOCH, C. e CORDINI, J. *Topografia contemporânea: Planimetria*. Florianópolis: Ed. da UFSC, Série didática, 1995
- MARISCO, Nelson. *Atualização de Plantas Cadastrais com utilização de ortofotos digitais*. Dissertação de Mestrado - Eng. Civil, UFSC: Florianópolis, 1997.
- MARTINELLI, M. *Curso de cartografia temática*. São Paulo: Contexto, 1991.
- MASCARÓ, Juan Luis. *Manual de Loteamentos e Urbanização*. Porto Alegre: Sagra - D.C. Luzzatto. 1ª ed. 1994.
- MENDES, C.A.B. "Integração de modelos hidrológicos e sistemas de informações geográficas: fundamentos". *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*: v. 1, n.1 Jan/Jul 1996, p. 47-66.
- MICROSOFT PRESS. *Dicionário de Informática Inglês-Português e Português Inglês*. Tradução de Fernando B. Ximenes. Rio de Janeiro: Ed. Campus, 1993.
- MULLER, H.G. e LINDBERG, S. *Urban Drainage System - the advantage of integrating GIS and hydraulic modeling*. Danish Hydraulic Institute, Denmark: 1998.
- ORTH, D. e ROSSETTO, A. *Avaliação Preliminar do Uso e Ocupação do Solo na Bacia do Itacorubi - Florianópolis, SC*. In: COBRAC/96. Florianópolis, SC: 1996.
- POMPEO, A.C. e CARDOSO, Notas de curso para prefeituras em Santa Catarina:

UFSC - LABDREN, 1996.

RODRIGUES, M.A. São Paulo, SP: Modular GIS Environment - Planejamento de Projetos; SISGRAPH, (s/d)

SANTOS, Glaci Trevisan. *Integração de informações geológicas e geotécnicas aplicadas ao planejamento urbano em Florianópolis*. Tese de Doutorado. Curso de Pós-graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e dos Materiais: UFRGS, 1997.

STAR, J. e ESTES, J. *Geographic information systems - an introduction*. University of California, Santa Barbara, EUA: Prentice Hall, Inc., 1990

TEIXEIRA, A.L.A. , MORETTI, E. e CHRISTOFOLETTI, A. *Introdução aos sistemas de informações geográficas*. Rio Claro, 1992.

TEIXEIRA, A.L.A. e SCARIM, J.L. *Digitalização e Conversão Raster/Vector de Mapas*. Revista Fator GIS, nº 06, p. 16 a 21, 1994.

TUCCI, C.E.M. *Plano Diretor de Drenagem Urbana: Princípios e Concepção*. RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos / ABRH - Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre: Vol. 2, n. 2, p. 5-12 , jul-dez 1997.

WILKEN, P.S. *Engenharia de Drenagem Superficial*, CETESB, São Paulo, SP, 1978.

WOLSKI, M. S. *Contribuição à cartografia geotécnica de grandes áreas com o uso de sistema de informações geográficas: uma aplicação à Região do Médio Uruguai (RS)*. Dissertação de Mestrado - Eng. Civil, UFSC: Florianópolis, 1997.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- ANDRE, M. e WATERLLA, J. *Development of a stormwater drainage master plan for a small municipality.* (via Internet) Prefeitura de Arcata, Califórnia, EUA: 1997.
- BOTELHO, M. H. C. *Águas de Chuva.* São Paulo: Edgard Blücher, 1985.
- CAUBET, C.G. e FRANK, B. *Manejo ambiental em bacia hidrográfica: o caso do Rio Benedito (Projeto Itajaí I). Das reflexões teóricas às necessidades concretas.* Florianópolis: Fundação Água Viva, 1993.
- CETESB/DAEE - *Drenagem Urbana - Manual de Projeto.* São Paulo: Governo do Estado, Secretaria de Obras e do Meio Ambiente, 1979.
- LEI Nº 5055/97 - *Zoneamento, Uso e Ocupação do Solo no Distrito Sede de Florianópolis.* Publ. D.O. nº 15.617, de 19/2/97.
- MARK T. K., RABBI. K. e KJELDS, J. *A Mouse GISs study of the drainage in Dhaka City.* Danish Hydraulic Institute. Dinamarca: 1996.
- NASCIMENTO, G.A., ORTH, D. M. *Mapeamento adequado - uma medida não-estrutural em drenagem urbana.* Artigo apresentado no evento "International Workshop on Non-Structural Flood Control in Urban Areas", organizado para o Programa Hidrológico Internacional da UNESCO - Fase V, através do Centro Regional para Climas Tropicais. São Paulo, SP, 1997.
- NASCIMENTO, G.A., ORTH, D. M. *Mapas e dados em meio digital - Aplicação à drenagem urbana na Bacia do Itacorubi - Florianópolis, SC.* Artigo para apresentação no XX Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES . (no prelo).

- OLIVEIRA, C. *Dicionário Cartográfico*. 2ª. edição. Rio de Janeiro, RJ: IBGE, 1993.
- REZENDE, R.A.P. et ali. *Aplicação de sistema de informações geográficas (SIG) em estudo de localização de reservatórios em bacias hidrográficas*. UFES. In III Simpósio Ítalo-brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental - SIBESA. 9-13/6/96, Gramado, RS: 1996.
- ROCHA, R. S. *Proposta de definição de uma projeção cartográfica para mapeamento sistemático em grande escala para o Estado do Rio Grande do Sul*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná - UFP. Curitiba, PR, 1994
- SIKORSKI, Sergiucz Romuald. *Geoprocessamento como instrumento de planejamento urbano*. IPPUC . in GIS-BRASIL 96, Curitiba, PR: 1996.
- TUCCI, *Drenagem Urbana* . Porto Alegre: ABRH / Editora da Universidade / UFRGS, (Coleção ABRH de Recursos Hídricos; Porto Alegre, RS: 1995.

APÊNDICE 1

REFERÊNCIAS INSTITUCIONAIS

Obs: informações obtidas em pesquisa institucional realizada em fevereiro de 1997.

COMCAP - Cia. Melhoramentos da Capital

Dir. Operações - Engº Marafon - 984 7409 , Ass.: Milton

Dep. Engenharia - 234 4059 - Engª Claudia Carinei, Engº Paulo

Atuação em drenagem: conservação de valas e canais.

Comissão Municipal de Defesa Civil

Cel. Diniz, Engº Marco Aurélio - 223 6903

Inexistência de mapas atualizados acerca de áreas sujeitas a inundações. Apenas relatórios com registros de prejuízos.

ETUSC - DIP - Escritório Técnico - Prefeitura Universitária - UFSC

Engº Maury Dutra Fº - Inexistência de planta geral da drenagem no campus Trindade, somente projetos localizados. Tel: 231-9411

FLORAM - Fundação Florianopolitana de Meio Ambiente

Diretora: Srta. Elizabeth Amin

Rua Crispim Mira, 333 - Tel 223 3766, 4432 - Centro

MPB Saneamento Ltda. - 222-6204

Estudos e Projetos em Saneamento Básico; Uso de software - Microstation

Engº Paulo Aragão / Engº Bertoldo Silva Costa / Tec. Osni C. Castanheiro

IPUF - Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis - 234 7644

Gerência de Cadastro e Cartografia - Geogr. Marcelo Nascimento

Gerência de Planej. - Arq. Vera Gonçalves (Pl. Diretor, Uso do Solo, etc.)

Gerência de Saneamento e Projetos - Eng. Silvia Jardim (em re-estruturação)

Obs: O IPUF possui restituições fotogramétricas do vôo de 1979 nas escalas 1:25.000 e

1:10.000 e ortofotos em escala 1:5.000, além de plantas cadastrais em escalas 1:5.000 e 1:10.000. O voo fotogramétrico de 1994 ainda não apresenta restituição pronta.

ITIS Informática Industrial Ltda. - 222-3812 - Eng. Maurício Küster

Representante, em Florianópolis, da Bentley Systems Inc. fabricante dos programas Microstation.

Secr. Municipal de Transportes e Obras - 222 1133 / 8551

Eng. João Júlio / Mário Losso / Gilberto / Luís Américo / Dalton da Silva

PMF - Div. Operação - Ilha - Engº Herman 234 3331 - (7 - 13h.)