Anderson Manzoli

**PROPOSTA DE UM SIG PARA PLANEJAMENTO E GESTÃO
DE CAMPUS UNIVERSITÁRIO**

Serviço de Pós-Graduação EESC/USP

EXEMPLAR REVISADO

Data de entrada no Serviço: 07.10.03

Ass:.....

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia
de São Carlos da Universidade de São Paulo,
como parte dos requisitos para obtenção do Título
de Mestre em Engenharia Civil, área de
concentração Transportes.

DEDALUS - Acervo - EESC

31100044138

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Ernesto Schaal

São Carlos

2003

✓

Class.	TESE - EESC
Cutt.	3321
Tombo	T256/03
Syno	132.8682

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

M296p Manzoli, Anderson
Proposta de um SIG para planejamento e gestão de
campus universitário / Anderson Manzoli. -- São
Carlos, 2003.

Dissertação (Mestrado) -- Escola de Engenharia de
São Carlos-Universidade de São Paulo, 2003.

Área: Transportes.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Ernesto Schaal.

1. Sistema de informações geográficas. 2. SIG.
3. Campus universitário. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato: Engenheiro **ANDERSON MANZOLI**

Dissertação defendida e julgada em 30-06-2003 perante a Comissão Julgadora:

Prof. Dr. **RICARDO ERNESTO SCHAAL** (Orientador)
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

Aprovado

Prof. Dr. **CARLOS ROBERTO MONTEIRO DE ANDRADE**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

Aprovado

Prof. Dr. **SÉRGIO ANTONIO RÖHM**
(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar)

Aprovado

Prof. Assoc. **JOSÉ REYNALDO ANSELMO SETTI**
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Transportes

Profa. Assoc. **MARIA DO CARMO CALIJURI**
Presidente da Comissão de Pós-Graduação da EESC

Dedico esse trabalho aos meus pais e irmão pelo apoio, incentivo e confiança depositada e à minha noiva, Vanda, pela paciência, carinho e companheirismo.

AGRADECIMENTOS

A Universidade de São Paulo, por colocar à minha disposição sua estrutura.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), que financiou parte da pesquisa.

Ao meu orientador, Professor Ricardo Schaal, pela dedicação, disponibilidade e profissionalismo que contribuíram para este trabalho.

Aos colegas, funcionários e professores da EESC-USP, em especial ao pessoal do Laboratório de Mensuração, que de forma direta ou indireta contribuíram para o êxito do trabalho.

RESUMO

Manzoli, A. (2003). *Proposta de um SIG para planejamento e gestão de Campus Universitário*. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2003.

Esta investigação constituiu-se no desenvolvimento de metodologia para uso e aplicação do SIG no Campus II da USP de São Carlos. Em etapa preliminar, por meio de sistema GPS, foi analisado o trabalho de georreferenciamento realizado por empresa, para a universidade. Os dados levantados neste processo foram usados para geração de um arquivo, para o referido campus, o qual servirá de base para os mais diversos fins. Pelo fato de o Campus II ainda estar em fase de implantação, o projeto piloto – exemplo ou amostra da aplicação da metodologia – precisou ser executado no Campus I. A execução do plano teve início com a união dos dados alfanuméricos e geográficos para produção do SIG e geração de novos dados e informações.

Palavras-chaves: Sistema de Informações Geográficas, SIG, Gestão de campus universitário

ABSTRACT

Manzoli, A. (2003). *Proposal of a SIG to design and management of University Campus*. Dissertation – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2003.

This investigation developed a methodology to be used on application of the SIG at the Campus II-USP in São Carlos (SP). During a preliminary stage a work of geographic reference, realized by a company for the University, was analyzed through a GSP system. The data obtained in the process was used to generate a many purpose file for the campus with can be used as a base other works. The pilot model - example or sample of application of the methodology - had to be developed on the Campus I because of the stage of implantation of the Campus II. The development of the project stored with the union of the alpha-numeric and geographic data to produce the SIG and new data and information are generated.

Keywords: Geographic Information System, SIG, Management of University Campus.

SUMÁRIO

RESUMO	IV
ABSTRACT	V
SUMÁRIO	7
CAPÍTULO I - Introdução	8
1.1 – Apresentação do problema	9
1.2 – Objetivos	11
1.3 – Justificativas	12
CAPÍTULO II - Conceitos Cartográficos	13
2.1 – Introdução	14
2.2 – Cartografia	14
2.3 – Superfícies de Referência	16
2.4 – Sistema de Coordenadas	17
2.5 – Sistema de Projeção UTM	20
2.6 – Sistema Geodésico Brasileiro (SGB)	21
CAPÍTULO III – Sistema de Informações Geográficas	24
3.1 – Sistemas de Informações Geográficas (SIG)	25
3.2 – Conceitos	39
3.3 – Banco de Dados	42
3.4 – Características Funcionais de um SIG	46
3.4.1 Consultas a Dados em SIG	49
3.4.2 Modelagem de Dados Geográficos	50
3.4.3 Conversão de dados	51
3.5 Arquitetura Interna dos Softwares	58
3.6 Implementação de um SIG	61
3.7 SIG Aplicado em Campus Universitário	72
CAPÍTULO IV - Proposta de SIG para um Campus Universitário	76
4.1 – Introdução	77
4.2 – Descrição dos Trabalhos Preliminares	77
4.3 – Metodologia - Descrição do Projeto do SIG	83
4.4 – Base de Dados	87
CAPÍTULO V – Projeto Piloto	89
CAPÍTULO VI - Conclusões e Sugestões	93
CAPÍTULO VII - Referências Bibliográficas	96
ANEXO	100

SUMÁRIO

Este documento está apresentado em sete capítulos e anexo.

I INTRODUÇÃO.

Apresentação do problema, que explicita os objetivos e as justificativas para desenvolvimento da pesquisa.

II CONCEITOS CARTOGRÁFICOS.

Revisão bibliográfica sobre tópicos relativos ao tema de Cartografia, parte fundamental do assunto apresentado nesta dissertação.

III SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA.

Revisão bibliográfica relativa ao tema Sistema de Informação Geográfica (SIG), com ênfase em assuntos voltados à pesquisa.

IV PROPOSTA DE SIG PARA UM CAMPUS UNIVERSITÁRIO.

São apresentados os dados que subsidiaram o desenvolvimento do projeto bem como as metodologias utilizadas para sua obtenção e uso.

V PROJETO PILOTO.

São apresentados os resultados obtidos com o desenvolvimento do plano piloto.

VI CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Discute-se a validade da pesquisa e o seu desenvolvimento, o projeto piloto e apresenta-se sugestões para futuros trabalhos na área.

VII REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Lista das obras consultadas em bibliotecas e na rede WEB para realização desta pesquisa.

ANEXO

São apresentadas as Normas Técnicas da Cartografia Nacional.

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

OBJETIVOS

JUSTIFICATIVAS

1.1 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA.

Um problema muito comum, que se observa nas áreas urbanas no Brasil, é o crescimento desordenado e sem planejamento do espaço físico, principalmente quanto à forma de sua utilização. Na maioria das vezes, esse crescimento gera prejuízos para toda a sociedade, pois a ocupação do solo, as instalações de serviços e as demais infra-estruturas são feitas sem planejamento e sem levar em consideração outros importantes fatores que, de maneira negativa podem influenciar seu correto funcionamento e assim causar uma degradação na qualidade de vida e tornar mais custosa possível correção ou adaptação para a comunidade conviver com o problema no futuro. São poucas as cidades que desenvolveram um plano diretor e, mesmo as que o possuem, pelos motivos mais diversos, nem sempre o respeitam. Temos como exemplo o caso de Brasília, cidade projetada e que hoje apresenta diversos problemas e alguns deles, bastante sérios.

Embora com algumas diferenças, problemas semelhantes ocorrem em um campus universitário; por isso todo o cuidado deve ser tomado na implantação de novos *campi*, a fim de evitar problemas já mencionados.

Em um campus universitário a área residencial (alojamento estudantil) é pequena em relação à área do campus, quando comparamos a área residencial de uma cidade com sua área urbana total. O local de instalação das salas de aula, tamanho, posição etc. devem levar em consideração seu fim específico no presente e perspectivas futuras, como por exemplo, aumento de vagas para determinados cursos e aumento de cursos de graduação e de áreas de pós-graduação. Ademais, existem significativas diferenças na ocupação das salas, por alunos de graduação e de pós-graduação. Os primeiros, basicamente, fazem grande uso das salas de aula; os segundos utilizam muito mais salas de estudo e laboratórios, e seus equipamentos.

Atualmente cada um dos *campi* da USP e de outras universidades também instaladas em áreas urbanas, apresenta algumas características

distintas devido ao seu desenvolvimento histórico; mesmo assim apresentam muitos problemas similares. Em São Carlos a USP conta com dois Campi: o primeiro foi criado por lei em setembro de 1948, mas efetivamente instalado em agosto de 1952, com a primeira turma de alunos ingressando no ano seguinte, e o segundo que se encontra em fase de implantação. O primeiro seguiu uma expansão pouco controlada e, hoje, parte significativa das informações espaciais contidas nas plantas topográficas têm grande diferença em relação ao que realmente foi executado - além de não existirem registro físico de algumas informações relativas ao que acontece abaixo da terra, tornando-se dependentes da memória de alguns funcionários e professores (memória viva). Outro problema é que muitas das informações estão espalhadas entre a prefeitura do Campus e seus institutos e, além disso, geralmente essas informações não estão em formato padronizado e muitas vezes são redundantes, o que dificulta seu acesso.

De modo geral, a ocupação de uma área pode ser dividida em duas partes. A primeira acima do solo, com edificações, arruamentos, áreas de conservação, iluminação, estacionamento etc. e a segunda, com as instalações abaixo do solo, tais como: redes de água, esgoto, gás natural, drenagem, eletricidade, telefonia, transmissão de dados etc.

Hoje a informação é um recurso econômico como outro qualquer e, para o caso de informações relacionadas a entes distribuídos no espaço, a informática tornou-se ferramenta fundamental. O uso de desenhos para representar informações e transmitir idéias é prática que antecedeu à escrita e, então, muito mais natural para o ser humano; por ser uma linguagem universal e por permitir abstração de maior número de dados. Nos últimos anos foram desenvolvidos diversos programas computacionais para administrar estes dados, denominados Sistemas de Informações Geográficas – SIG. O problema que se tem deparado em várias administrações é que somente a implantação de um programa não atende às necessidades. Na maior parte dos casos, o que ocorre é falha na análise de qual programa é mais adequado para cada caso, à falta de

uma política de continuidade, de formação e treinamento de pessoas para manutenção do programa.

Outra importância do SIG é justamente facilitar e organizar as informações auxiliando na tomada de decisões e na elaboração do Plano Diretor. Implementar um SIG depois de as áreas estarem construídas se torna mais custoso e nem sempre se obtêm os melhores resultados, além de nem sempre ser possível obterem-se todas as informações desejáveis.

O Campus II da USP de São Carlos encontra-se em fase de implantação, com os primeiros levantamentos topográficos sendo realizados. Para desenvolvimento organizado do espaço físico, é fundamental que se introduza pensamento de SIG para evitar alguns equívocos como os cometidos no Campus I. Essa implantação deverá estar em harmonia com a administração do Campus.

1.2 OBJETIVOS

Este trabalho tem por objetivo precípuo apresentar um modelo piloto de SIG que permita introduzir uma metodologia moderna para auxiliar na implantação do Campus II - USP São Carlos. Para tal, este modelo basicamente deve contemplar os seguintes itens: serviços, pessoais e implantação/manutenção.

Serviço deve ser entendido como todas as atividades internas e externas ao campus prestadas pela universidade à sociedade, incluem-se não só os cursos de graduação e pós-graduação, atividades de extensão e pesquisa mas também atividades como pintura de uma sala de aula, manutenção de jardins, consertos de equipamentos em geral, atendimento de lanchonetes, etc.

Pessoal deve ser entendido como todas as pessoas sejam elas do corpo funcional da universidade (professores, alunos e funcionários) mas também pessoas que atendem em bancos, lanchonetes etc. que atuam dentro do campus. Os dados contidos neste item devem informar as

atividades que cada uma das pessoas do Campus desenvolve junto à universidade.

Implantação/manutenção pode ser entendida como as informações de natureza física como edificações, arruamentos, instalações de água, esgoto etc.

Para desenvolvimento do modelo piloto se fez necessário uma ampla revisão bibliográfica e uma pesquisa na rede W.W.W (*World Wide Web*) dos conceitos básicos para criação de SIG que satisfaça as necessidades da proposta e estudo de SIGs existentes em outros campi, assim como informações de como foram implantados.

Este trabalho tem também como objetivo secundário implantar uma base de dados - com informações reais do Campus I relativas à ocupação do espaço físico e uso de recursos - que permita validar o modelo piloto, uma vez que o Campus II não foi implantado em tempo hábil.

1.3 JUSTIFICATIVA

O desenvolvimento deste trabalho é decorrente do envolvimento da EESC-USP na implantação do Campus II que poderá servir como instrumento auxiliar para uma moderna política de administração. A introdução inicial de um SIG de pequeno porte, ou mesmo um *Desktop Mapping* poderá ser utilizado pela prefeitura universitária para desenvolvimento, implantação, implementação, manutenção, controle dos cadastros e obtenção de informações espaciais padronizadas. Essa utilização facilitará a tomada de decisões, porque todas as informações ficam armazenadas em um único banco de dados e não espalhadas em diversos setores da administração, como ocorre atualmente, e em formatos muitas vezes distintos. As informações poderão ser também atualizadas em tempo real, isto é, cada setor da prefeitura poderá atualizar suas informações a qualquer momento disponibilizando-as aos demais setores da administração.

CAPÍTULO II – CONCEITOS CARTOGRÁFICOS

INTRODUÇÃO

CARTOGRAFIA

SUPERFÍCIES DE REFERÊNCIA

SISTEMA DE COORDENADAS

SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM

SISTEMA GEODÉSICO BRASILEIRO (SGB)

2.1 INTRODUÇÃO

Os SIGs, como o próprio nome diz, são um conjunto de sistemas que vinculam informações de algum tipo à sua posição geográfica. A maneira mais usual de se fazer referência à posição geográfica é através de cartas, mapas e plantas. Por isso, para uma adequada implantação de um SIG, é necessária compreensão de cartografia, área do conhecimento que estuda o posicionamento geográfico. Este capítulo, então, foi colocado neste trabalho com o objetivo de reforçar alguns conceitos relativos à cartografia.

Ademais, outros fatos importantes sugeriram a inclusão deste capítulo neste trabalho. Durante consultas à rede WWW notou-se que muitos sites apresentavam páginas com conceitos incompletos ou equivocados sobre esse assunto; por exemplo, os conceitos de plano topográfico e projeção UTM (*Sistema Universal Transverso de Mercator*) eram apresentados como se fossem uma mesma forma de representação. Outro engano foi o inadequado uso de uma planta do Campus II em meio digital na escala 1:5000 obtida por restituição aerofotogramétrica, usada para projetos das novas edificações com resolução centimétrica.

2.2 CARTOGRAFIA

A superfície real da Terra não pode ser matematicamente modelada dada sua complexidade e irregularidades locais, assim não existe uma ou um conjunto de equações que possam descrevê-la de maneira mais correta. Para descrevê-la usa-se, então, uma representação plana da superfície. Porém, como essa superfície não é planificável, ela sempre apresentará deformações, cabendo ao usuário usar uma adequada correspondência à sua necessidade.

A Cartografia pode ser conceituada, segundo a Associação Cartográfica Internacional (ICA, 1973), como o conjunto de operações

científicas, artísticas e técnicas que, tendo por base os resultados das observações obtidas pelos métodos e processos diretos, indiretos ou subsidiários de levantamento ou exploração de documentos existentes, destinam-se à elaboração e a preparação de mapas e outras formas de expressão, assim como a sua utilização.

A Terra pode ser representada de diversas formas; para representá-la abordaremos e usaremos as seguintes definições adotadas para este trabalho:

Mapa: representação da Terra ou parte dela, em seus aspectos geográficos que se destina a fins culturais ou ilustrativos. Portanto o mapa não tem caráter científico e será, geralmente, construído em escala cobrindo extenso território.

Carta: representação dos aspectos naturais ou artificiais da Terra, destinados a fins práticos da atividade humana, que permite avaliação precisa de distâncias, direções e localização geográfica de pontos, áreas e detalhes. É uma representação similar ao mapa, construída com finalidade específica e, geralmente, em grandes escalas.

Planta: representação feita em escalas grandes, usadas para mostrar limites verdadeiros e usos das propriedades, podendo serem omitidas elevações e detalhes naturais ou artificiais. Neste caso o desenho é puramente topográfico e de pequenas regiões, normalmente menores que 100 km² ou em escalas maiores que 1:10.000, onde não se leva em conta a curvatura da superfície terrestre.

Cabe ressaltar que para a NBR13133 (1994) carta e mapa são sinônimos, sendo definidos como representação gráfica sobre uma superfície plana, dos detalhes físicos, naturais e artificiais, de parte ou de toda superfície terrestre – mediante símbolo ou convenções e meios de orientação indicados, que permitem a avaliação de distâncias, a orientação das direções e a localização geográfica de pontos, áreas e detalhes – podendo ser subdividida em folhas, de forma sistemática, obedecido a um plano nacional ou internacional.

2.3 SUPERFÍCIE DE REFERÊNCIA

Para se fazer um georeferenciamento deve-se conhecer 3 superfícies:

1º Superfície Física da Terra (SF) – é a superfície real da Terra. Ela não pode ser equacionada matematicamente por uma função devido a sua complexidade. Pode ser aproximada por modelos digitais. É conhecida como relevo topográfico.

2º Superfície Geoidal (SG) – geóide é uma superfície que possui o mesmo potencial gravitacional, tendo aceleração da gravidade constante com a direção perpendicular à vertical dada por um fio de prumo. Ela pode ser considerada a superfície que mais se aproxima à superfície média dos oceanos. No Brasil o Mapa Geoidal Global apresenta o modelo GEMT2, com precisão absoluta de 3m e precisão relativa de 1cm/km

3º Superfície Elipsoidal (SE) – é uma representação matemática do geóide e é gerada pela rotação de uma elipse em torno do eixo menor. Esse elipsóide pode ter parâmetros diferentes para melhor representar o geóide de cada região.

A figura abaixo apresenta um esquema das superfícies de referência:

Figura 2.1: Superfícies de Referência

É importante conhecer a distância entre as superfícies descritas.

- Altura Ortométrica (H): é a distância tomada ao longo da vertical do lugar entre a superfície elipsoidal e a superfície física da Terra. É a mais usada em Mensuração.

- Ondulação Geoidal (N): é a distância tomada ao longo da normal do local entre a superfície elipsoidal e o geóide.

- Altura Geométrica (h): é a distância tomada ao longo da normal do local entre a superfície física da Terra e a superfície elipsoidal. Essa é a distância obtida nos receptores GPS. Uma maneira aproximada de se obter a altitude ortométrica sabendo-se a altura geométrica é:

$$H = h + N$$

A figura abaixo mostra as superfícies com suas respectivas associações:

Figura 2.2: Superfícies de referência e suas associações.

2.4 SISTEMAS DE COORDENADAS

O sistema de coordenadas serve para podermos definir em qualquer parte de Terra nossa localização. Existem vários modelos e formas para fazer essas representações:

1º Coordenadas Geográficas Astronômicas e Geodésicas: as coordenadas geográficas astronômicas são associadas ao geóide e definidas em função do ângulo medido a partir do centro de massa da Terra. São latitude astronômica, longitude astronômica e a altura

ortométrica (H). Suas coordenadas são determinadas pela vertical gravimétrica e sua latitude é o ângulo da vertical no ponto com o plano do equador.

As coordenadas geográficas geodésicas são associadas a um elipsóide e são a latitude geodésica, longitude geodésica e a altura geométrica (h). Em geral, suas coordenadas são calculadas por meio da equação do elipsóide e sua latitude é o ângulo da normal ao elipsóide no ponto com o plano do equador.

2º Coordenadas Geográficas Cartesianas: neste sistema, a origem do eixo é o centro de massa da Terra, sendo "X" o eixo na direção do semi-eixo maior do elipsóide, "Y" o eixo na direção do semi-eixo menor do elipsóide e o eixo "Z" o eixo médio de rotação terrestre. Como a coordenada "Z" está vertical ao plano equatorial horizontal e as alturas elipsoidais (h) estão na direção normal a superfície do elipsóide, uma alteração na altura não produziria um igual crescimento em "Z" (somente nos pólos). Assim essas unidades não são comumente usadas.

3º Coordenadas Plano-Retangulares: neste sistema, a origem dos eixos é a mesma do sistema topográfico local; coincidente com a linha meridiana temos a ordenada "Y" positiva em sentido ao norte geográfico. O eixo "X" é positivo ao sentido leste. Esse sistema é elevado ao nível médio da área do Sistema Topográfico.

4º Coordenadas Topográficas Locais: para a NBR14166 (1998) é um sistema de representação, em planta, das posições dos pontos de um levantamento topográfico em relação a uma origem de coordenadas geodésicas conhecidas. Neste sistema, todos os ângulos e distâncias das operações topográficas da determinação dos pontos do levantamento topográfico são pressupostos como projetados em verdadeira grandeza sobre o plano tangente à superfície de referência

(elipsóide de referência) do sistema geodésico adotado, na origem, cujas coordenadas geodésicas são conhecidas.

Suas características são:

- O eixo das ordenadas "Y" é a própria referência azimutal, podendo estar orientado para o norte geográfico, para o norte magnético ou para alguma direção especificada na área em questão.

- Sua origem coincide com a do levantamento topográfico, e seu referencial altimétrico é referido ao datum vertical do lugar. A localização planimétrica dos pontos medidos no terreno e projetados no plano de projeção se dá por intermédio de um sistema de coordenadas cartesianas. Essa superfície de projeção é um plano normal à vertical do lugar no ponto da superfície terrestre considerado como origem do levantamento e as projetantes são ortogonais à superfície de projeção.

- A partir da origem, o plano de projeção tem sua dimensão limitada a 80km. Assim o erro relativo à desconsideração da curvatura da Terra não ultrapassa 1/35000. Nas imediações da extremidade não deverá ultrapassar 1/15000.

- As seguintes expressões aproximadas mostram as deformações máximas inerentes à desconsideração da curvatura terrestre e à refração atmosférica:

$$\Delta l = -0,004 * l^3$$

$$\Delta h = 78,5 * l^2$$

$$\Delta h' = 67 * l^2$$

Sendo:

Δl = Deformação planimétrica devido à curvatura da Terra (mm)

Δh = Deformação altimétrica devido à curvatura da Terra (mm)

$\Delta h'$ = Deformação altimétrica devido ao efeito conjunto da curvatura da Terra e da refração atmosférica (mm)

l = distância considerada no terreno (km)

2.5 SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM

O modelo mais adequado para representar o formato da Terra é o elipsóide de revolução. Em alguns casos, ela pode ser considerada como uma esfera. Porém nem a esfera nem o elipsóide de revolução são planificáveis e para projetos de engenharia necessitamos uma representação no plano de pontos existente na superfície da terra.

O sistema de projeção UTM é uma projeção cilíndrica, conforme, com uma rotação de 90° do eixo do cilindro, de modo a ficar contido no plano do equador (transversa) resultando em uma secante entre o cilindro e o elipsóide ao longo de um meridiano. Dessa forma, consegue-se diminuir o valor absoluto das deformações, tendo duas linhas de deformação nula ($k=1$) com redução no interior ($k<1$) e ampliação no exterior ($k>1$). Os fusos são numerados de 1 a 60, a partir do meridiano de Greenwich. Esses 60 cilindros são obtidos através da rotação de cada qual no plano do equador, de modo que cada um deles cubra a longitude de $6^\circ - 3^\circ$ para cada lado desse meridiano central. Por simetria do elipsóide de revolução, os cálculos são idênticos para todos os cilindros (fusos) e os resultados são válidos para Terra toda. Em latitude, os fusos são limitados ao paralelo de 80° (N e S), pois acima desse valor as deformações se acentuam muito. A representação plana é obtida pela abertura e planificação do cilindro e a origem do sistema de coordenadas fica no cruzamento do meridiano central e equador. Para o hemisfério sul a coordenada vertical (NS) na linha do equador é 10.000.000 m e a coordenada horizontal (EW) no meridiano central é 500.000. Para o hemisfério norte muda apenas a coordenada vertical (NS) no equador, que é zero, a horizontal continua a mesma. Fez-se desta forma para evitar coordenadas negativas na vertical no hemisfério sul e à esquerda de qualquer meridiano central.

2.6 SISTEMA GEODÉSICO BRASILEIRO (SGB)

Segundo a NBR13133 (1994) SGB é o conjunto de pontos geodésicos descritores da superfície física da Terra, implantados e materializados na porção da superfície terrestre delimitada pela fronteira do país, com vistas às finalidades de sua utilização, que vão desde o atendimento a projetos internacionais de cunho científico, passando pelas amarrações e controles de trabalhos geodésicos e cartográficos, até o apoio aos levantamentos no horizonte topográfico, onde prevalecem os critérios de exatidão sobre as simplificações para a figura da Terra.

Para haver correto posicionamento de um ponto na superfície da Terra, deve-se sempre dizer a que referencial ele está atrelado. No Brasil por exemplo, para fins de mapeamento, utilizam-se três sistemas de referência de coordenadas:

O Elipsóide Internacional de Hayford de 1924 (Córrego Alegre), adotado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) por muitos anos. Possui sua origem próxima à cidade de Uberaba (MG), em um vértice de uma rede geodésica da cadeia de triangulação do paralelo 20° S e possui as seguintes orientações:

$$\phi_g = 19^{\circ}45'15,14'' S$$

$$\lambda_g = 48^{\circ}57'42,75'' W$$

$$A_g = 128^{\circ}21'48,96''$$

$$N = \xi = \eta = 0$$

Onde: ϕ =latitude, λ =longitude, A_g =Azimute geodésico, N =ondulação geoidal, ξ = componente meridiana (direção Norte-Sul) e η =1° vertical (direção Leste-Oeste).

Os parâmetros definidores desse elipsóide são:

Semi-eixo maior (a): 6378388 metros

Semi-eixo menor (b): 6356911,95 metros

Achatamento (f): 1/297

A partir de 1977, o IBGE estabeleceu que o datum brasileiro seria o datum SAD-1969, tendo como origem o vértice de triangulação Chuá,

próximo à cidade de Uberaba (MG). Esse elipsóide possui a seguinte orientação:

$$\phi_g = -19^{\circ}45'41,6527''$$

$$\lambda_g = -48^{\circ}06'04,0639''$$

$$A_g = 271^{\circ}30'04,05''$$

$$N = 0$$

$$\xi = -0,39''$$

$$\eta = 3,59''$$

Os parâmetros definidores desse elipsóide são:

Semi-eixo maior (a): 6378160 metros

Semi-eixo menor (b): 6356774,719 metros

Achatamento (f): 1/298,25

A marinha e a aeronáutica usam o elipsóide geocêntrico WGS-84 por força de acordos internacionais. Os parâmetros definidores desse elipsóide são:

Semi-eixo maior (a): 6378137±2 metros

Semi-eixo menor (b): 6356752±2 metros

Achatamento (f): 1/298,257222

Assim um ponto na superfície física da Terra pode ter uma diferença de valor numérico das coordenadas da ordem de metros. O IBGE apresenta parâmetros de transformações oficiais entre esses sistemas de coordenadas, porém a precisão absoluta dessas transformações pode ser degradada (no Brasil o Mapa Geoidal Global apresenta o modelo GEMT2, com precisão absoluta de 3m e precisão relativa de 1cm/km).

Segundo Verones (1998) vários trabalhos comprovam que existem diferenças entre os valores das coordenadas SAD-69 de pontos da rede de triangulação, obtidas por meios clássicos, e as coordenadas SAD-69 obtidas pela transformação oficial das observações GPS sobre estes pontos.

No Anexo está o decreto-lei que regulamenta as Normas Técnicas da Cartografia Nacional. Esse decreto foi obtido a partir do site

<http://www.concar.ibge.gov.br/CCA32.HTM>, com último acesso na data 01/02/2003.

Com a introdução da informática, os conceitos da escala das cartas (mapas e plantas) armazenados no meio digital muitas vezes são mal interpretados. A escala é uma propriedade intrínseca, decorrente de sua elaboração. Ela representa a relação entre a distância de dois pontos quaisquer na carta com uma correspondente distância na superfície da Terra. As informações geográficas armazenadas no computador são informações específicas que darão origem às cartas. Essas informações têm precisão de acordo com a técnica de coleta de dados. Se os dados foram colhidos com precisão de 5 m não é possível usá-los para elaboração de uma carta com escala superior a 1:10 000. Por cartografia a precisão é de 0,5 mm, que nessa escala representa 5 metros. O que acontece é que no meio digital é possível aumentar o "desenho da carta" (zoom) dando uma falsa impressão de aumento de escala, isto é, cria-se a falsa idéia de melhorar a precisão. Quando manipulamos cartas impressas ou exibidas na tela em escala real não tentamos "melhorar" sua precisão, com uso de uma lente de aumento.

Isso pode ser constatado na elaboração do projeto do Campus II da USP. A equipe de projetos usou uma carta em escala 1:5000 em meio digital. Dessa carta tiravam-se medidas com "precisões centimétricas", o que gerou um equívoco com o fator de escala da carta.

CAPÍTULO III - SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG)

CONCEITOS

BANCO DE DADOS

CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS DE UM SIG

ARQUITETURA INTERNA DOS SOFTWARES

IMPLEMENTAÇÃO DE UM SIG

SIG APLICADO EM CAMPUS UNIVERSITÁRIOS

3.1 SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG)

Na sua concepção básica, não é recente a idéia de se obter informações de entes distribuídos na superfície terrestre. Mapas de povos antigos já armazenavam informações, por exemplo, na forma de mapas temáticos.

A computação gráfica surgiu junto com as primeiras máquinas eletrônicas de computação. Em 1950, foi utilizado pela primeira vez um display controlado pelo computador *Whirlwind I* no MIT (*Massachusetts Institut of Tecnology*), para geração de imagens gráficas simples. Esse display era um tubo de raios catódicos acoplados a um computador. Alguns anos depois, a introdução da caneta fotossensível, permitiu identificar elementos no tubo de raios catódicos e, assim, ser meio de interagir diretamente com a imagem. Na mesma época surgiram os primeiros "traçadores" controlados por computadores digitais.

Durante algum tempo (década de 50), foram lentos os progressos desse novo ramo da ciência pela inadequação dos computadores existentes e pela não disponibilidade de dispositivos gráficos. Também na década de 50, a força aérea dos EUA implementou um sistema de comando de voo (*SAGE*) baseado em computação gráfica. Ainda na mesma ocasião houve o início da utilização de alguns periféricos gráficos, como os Terminais Gráficos (1951) e Plotters (1953).

Nos primórdios dos anos 60, teve início o uso de monitores em cores. Em 1962, Ivan E. Sutherland, apresenta sua tese de doutoramento no MIT: *Sketchpad: A Man-Machine Graphical Communication System*, o que lhe valeu o título de "pai da moderna Computação Gráfica". Em seu trabalho, Sutherland descreveu um sistema gráfico, inclusive com ferramentas de recursos de desenho em 3D, e provou a viabilidade do uso dos computadores para trabalhos de *Drafting* e *Design* (desenho e projetos auxiliados por computadores). Esse sistema já tinha muitas características dos que hoje são utilizados, como o uso de dados estruturados. Esse sistema chamou a atenção das indústrias para o apoio

a projetos de fabricação, em automobilística e aeroespacial. Na década de 60 foram comercializados os primeiros monitores vetoriais, oferecendo condições para surgimento dos primeiros pacotes CAD/CAM na área de construção automobilística. No final dessa década, apareceram os monitores vetoriais com tubos de memória. Com o impulso dado por esses trabalhos, surgiram inúmeros projetos de pesquisa e diferentes fabricantes de hardware para computação gráfica. Em meados dos anos 60, já havia mais de duas dezenas de fornecedores de algum tipo de equipamento sobre computação gráfica. Isso gerou grandes desvantagens, como por exemplo, equipamentos com conjuntos de instruções muito diferenciados uns dos outros; apenas pessoas com grandes condições financeiras poderiam investir nesses equipamentos. Essa situação gerou a necessidade de aplicação e desenvolvimento de software gráfico para ser utilizado por programadores de aplicação, oferecendo-lhes meios apropriados para melhorar a execução de suas tarefas. Alguns fabricantes lograram grandes sucessos com seus pacotes, entre os usuários. Isto se tornou popularmente chamado de *De Facto Standards*, ou "padrões pelo uso". Além desses fabricantes, surgiram outros no mercado de hardware para computação gráfica, os quais ofereciam para os usuários grande variedade de equipamentos com diversos níveis de potência. Tornou-se problema o fato de eles terem grande conjunto de dispositivos, cada qual com linguagem própria.

Mais recentemente, com o advento da computação gráfica e da análise espacial, teve início na década de 70 em Harvard, as discussões sobre a diferença entre SIG (*Geographic Information System*), CAD (*Computer Aided Design*) e DBMS (*Data Base Management Systems*). Surgiram no mercado sistemas integrados, denominados *Turn-key*, que geralmente se destinavam a auxiliar projetos de engenharia e, como o próprio nome induz, deveriam funcionar logo que fossem ligados (o que nem sempre acontecia).

Com o progresso tecnológico na fabricação de memórias, em meados dos anos 70 surgiram os primeiros monitores à varredura, trazendo novas possibilidades para criar e visualizar verdadeiras imagens. Também foi nos anos 70 que ocorreram os primeiros pacotes gráficos e as primeiras conferências do SIGGRAPH (*Special Interest Group on Graphics*). Foi proposta por um comitê essencialmente norte americano do ACM SIGGRAPH, em 1977, a primeira padronização gráfica como o "Core Graphics System", conhecido como CORE. O objetivo era, para as aplicações em 2D e 3D, propor um padrão comportando um conjunto de funções gráficas que, na sua utilização, não dependesse dos equipamentos gráficos envolvidos na aplicação - permitindo verdadeira portabilidade dos aplicativos. As definições de padronização na área de computação gráfica têm-se mostrado tarefa bastante delicada. A dificuldade é que para ser amplamente aceito, um padrão não pode depender de conversações e práticas particulares. No ponto final da década de 70, foi formulado novo padrão de gráfico chamado GKS (*Graphic Kernel System*), que deveria adaptar-se melhor à grande diversidade dos equipamentos gráficos e das aplicações potenciais, através da introdução da noção de estação de trabalho (virtual). O GKS foi adotado pela ISO (*International Standards Organization*) como norma internacional em 1985. A introdução do GKS como padrão internacional representou um avanço, porém na sua versão atual ele não possibilita aproveitamento de certos recursos disponíveis em novos equipamentos gráficos. A proposta em estudo pela ISO de um padrão GKS para aplicações gráficas em 3D, deveria contribuir para expandir sua aceitação, em nível de padronização gráfica. Uma proposta relativamente recente foi feita pela ANSI (*American National Standard Institute*) e está em estudo pela ISO; trata-se do PHIGS (*Programmer's Hierarchical Interactive*), que cobre os aspectos de modelagem de objetos por hierarquias (pontos não abordados pelo GKS), assim como os aspectos gráficos em 3D.

A partir dos anos 80, com a chegada dos microcomputadores e seus constantes aperfeiçoamentos, as aplicações da Computação Gráfica, deixaram de ser reservadas aos especialistas.

Diferenças entre SIG, DM, CAD e DBMS:

- Sistemas de Informação Geográfica.

Um SIG, em sentido completo, usa uma base de dados espacial. Permite a criação e estruturação dos dados partindo de fontes de informação como mapas, bases de dados existentes etc; possibilita análise, visualização e edição em mapas de uma base de dados; compõe as informações por camadas e conta com ferramentas que permitem criar novos dados derivados dos existentes.

Funcionalidade do SIG:

- Construir dados geográficos: mediante dados geométricos existentes em CAD, ou capturando-os por digitalização, vetorização de imagens, GPS etc., o sistema permite depurá-los e estruturá-los topologicamente, associando-os à bases de dados alfanuméricos. Desta forma obter-se-ão dados espaciais preparados para seu uso na análise.

- Modelado cartográfico: Criação de novos mapas a partir de mapas existentes: combinando atributos do terreno como, vegetação, tipo de solo etc; mediante um modelo matemático podem ser criadas novas variáveis.

- O SIG permite analisar os mapas estruturados em combinação com bases de dados associadas. Para seleccionar os dados de interesse, pode-se interrogar, ver os resultados interativamente e escolher a simbologia em função dos atributos associados e produzir cartografia de qualidade.

- Também é possível preparar aplicações à medida, como um plano de controle de incêndios, de avaliação de impactos ambientais, um modelo que preveja a evolução de um incêndio ou de um alagamento,

aplicações verticais como um sistema de gestão municipal ou uma aplicação para uma empresa elétrica etc.

Limitações do SIG:

O SIG, por se tratar de um conjunto complexo que envolve equipamentos computacionais, programas complexos, infra-estrutura de coleta de dados, pessoal envolvido em sua operação, tem onerosa em sua implantação e manutenção. Para tanto, é sempre necessária a adequação do sistema ao trabalho requerido, mediante programação (freqüentemente realizada pelo administrador do SIG) e recopilação de dados (administrados por outras organizações ou introduzidos pelo cliente).

Para sua exploração é necessária a congruência de programadores com profissionais da área de estudo em questão. Não são, pois, ferramentas de usuário final, isto é, para profissionais não conhecedores do SIG: um SIG é uma ferramenta própria de uma organização, não uma ferramenta pessoal.

O principal objetivo de uma DBMS é proporcionar um ambiente conveniente e eficiente na recuperação e na inserção de informações no banco de dados.

Desktop Mapping.

Recentemente vem aparecendo aplicações simples de visualização e análise de dados com componente espacial para sistemas microcomputadores com custo inferior a um SIG. A denominação habitual destas aplicações em inglês é Desktop Mapping (DM) "Cartografia de escritório". Essas ferramentas permitem uso de dados espaciais (possivelmente criados e estruturados com um SIG) por parte de usuários que não são especialistas em programação, cartografia, geodésia etc; de forma análoga à qual esses mesmos usuários empregam processadores de textos, folhas de cálculo, bases de dados sem conhecimentos de tipografia, manutenção, teoria de computação etc. Fundamentalmente os

DM permitem ver e analisar a estrutura espacial de dados. Por outro lado, essas aplicações servem também de veículo para criação de aplicações concretas que trabalhem com dados espaciais. Grande parte da capacidade de adequação desses produtos deriva das possibilidades de integração com outras aplicações através dos mecanismos que provêm os contornos de trabalho como Microsoft Windows, Mac OS, OS/2 PM, Windows NT e Windows. Desta maneira e, junto com aplicações específicas, podem-se criar contornos de trabalho verticais que resolvem grande parte dos problemas de um determinado profissional, integrando-se à análise e visualização espacial com a preparação de documentos, modelos de cálculo, etc. Da mesma maneira, podemos incorporar dados não questionados diretamente pelo DM, como imagem de vídeo, fotografias etc. Este tipo de aplicação tem um mercado potencial muito mais amplo que um SIG tradicional, pelas mesmas razões que o têm os processadores de texto, folhas de cálculo, bases de dados, etc. Permitem criar um modelo geográfico do funcionamento de um negócio ou organização. O fato de grande parte das bases de dados existentes - estima-se que mais de 85% deles contenham um componente geográfico - permite que o DM mostre padrões, relações e tendências que de outra maneira, dificilmente seriam detectáveis.

Atualmente usa-se DM em: departamentos de marketing, vendas, distribuição e reparto, telecomunicações, propriedade imobiliária, planejamento, seguros, serviços de urgência (bombeiros, polícia), saúde, administração local etc. É requisito para explorar essas aplicações, que junto com a aplicação se subministrem os dados espaciais básicos referidos à área de interesse do cliente, de forma já estruturada. (Mapas de municípios, infra-estrutura, topográficos, urbanos...). Assim são as ferramentas de exploração dos dados que geram um SIG. Normalmente serão os usuários de SIG que proverão os dados e as aplicações verticais para um sistema DM.

No que diz a respeito do uso de um DM como complemento a um SIG, há que lembrar que algumas ferramentas DM trabalham diretamente

com bases de dados de um determinado SIG, enquanto outras requerem formato próprio. No segundo caso, há o desejo de utilizar o DM como visualizador de um determinado SIG; inicialmente deve-se estabelecer mecanismo que adapte os dados do SIG aos requerimentos e estruturação do DM.

Funcionalidade do DM:

Um DM é uma ferramenta que se integra em um escritório, tal como processadores de texto, folhas de cálculo, programas de ilustração, de comunicações etc. Seu propósito é permitir a análise e visualização de bases de dados que contêm informação espacial. Seu âmbito de funcionalidade é mais restrito que o do SIG. Principais características que, dentro desse âmbito, deveriam incorporar uma boa aplicação de DM.

- Homogeneidade no tratamento dos dados: Combinar dados alfanuméricos com qualquer objeto espacial. Os dados espaciais devem poder ser integrados não importa qual sistema de referência geodésico nem a projeção empregada pelos diferentes arquivos. Todo tipo de objeto espacial (pontual, lineal, extenso) deve ser tratado de forma homogênea, sem distinção, por parte das operações disponíveis, de distintos tipos de conjuntos de dados.
- Proporcionar facilidades flexíveis de geo-codificação, isto é, assinar localização espacial às bases de dados que o usuário possa ter.
- Ter capacidade de incorporar dados nos formatos mais populares como DXF, IGDS DGN, ArcInfo Export, dBase (DBF), ASCII delimitado etc. Notemos que é mais interessante a popularidade do formato que seja um padrão, como IGES, SET, PDES, STEP, etc.
- Ser capaz de representar distintos conjuntos de dados de forma sobreposta como "camadas" em um mapa.
- Contar com um gestor de bases de dados. Na realidade um DM é uma extensão de uma base de dados.

- Possibilitar a representação temática dos dados na forma mais flexível possível. Uma função básica dessas ferramentas é a determinação da simbologia em função de qualquer expressão dos atributos e/ou da geometria.
- Permitir diferentes formas de acesso aos mesmos dados: em forma de mapas que os incorporem como uma camada, em forma tabular, gráficos, composição cartográfica etc.
- Prover facilidades para a preparação de documentos integrados (ou que pode requerer a cooperação com programas de processo de textos e/ou auto-edição) gerando saídas gráficas com qualidade de apresentação.
- Funcionar, idealmente nas plataformas mais populares: DOS, Windows, Mac, UNIX (Open Look, Motif,...), NT, OS/2.
- ter boa disponibilidade de mapas e dados da área e temas de interesse do usuário.
- Contar com boa linguagem de desenvolvimento.
- Possibilitar, pela linguagem, uso dos mecanismos de comunicação entre aplicações que a plataforma proveja: DDE, OLE e DLL em Windows, Apple Events e Publish Subscribe em Mac, RPC em Unix etc.
- É importante uma linguagem de consulta que combine operações espaciais e tradicionais. (Melhor se estiverem integrado à linguagem de desenvolvimento e for acessível interativamente).
- Ao mesmo tempo utilidades de análise geográficas (também idealmente integradas na linguagem de desenvolvimento).
- Uma utilidade muito interessante é a possibilidade de registrar e sobrepor imagens (estruturas de tipo raster) aos dados vetoriais.

Limitações do DM:

- Não é apto para criação de novos mapas por digitalização (escaneados ou vetorizados), uso de GPS ou incorporação de dados geométricos não estruturados pois, habitualmente, não se conta com a capacidade de

depuração dos dados, criação de topologia e transformação para a sua correta localização espacial.

- Também não permite criar novos temas que combinem dados existentes por análise de sobreposição. Não possui funções avançadas de manipulação da topologia, nem modelado cartográfico.
- Não possibilita questionar dados tridimensionais. Isto exclui a criação de vistas perspectivas, análise de visibilidade etc (Embora seja possível criarem-se aplicações que implementem alguma funcionalidade desse tipo, como curvas de nível, aplicar modelos de iluminação etc).
- O DM é insuficiente para tratamento de dados de tele-deteção, que requer capacidade de processo de grandes quantidades de dados *raster*.
- O DM não possui as capacidades mais avançadas dos modernos SIG, como controlo de concorrência dinâmica, variabilidade temporal de dados etc.

CAD Mapping Systems:

Alguns vendedores de sistemas CAD (programas de delineação de projeto) acreditam que esse sistema poderia facilmente evoluir e ser convertido em SIG. Os sistemas que aparecem desta forma denominam-se CAD Mapping Systems (CMS) e, habitualmente, o vendedor chama-os SIG. Normalmente esses sistemas são resultado de enlaçar dois sistemas existentes no mercado, um CAD e um RDBMS (*Relacional DataBase Management System* - Sistema de gestão de bases de dados relacional). Desta forma os dados alfa-numéricos contidos nas bases de dados associam-se a elementos gráficos de um arquivo desenho de CAD. A verdade é que certos CADs apresentam algumas características que dificultam o desenvolvimento de um SIG. Um SIG não é a soma de CAD e RDBMS; mais exatamente, o RDBMS encontra-se no coração do sistema e as capacidades gráficas, sutilmente diferentes das do CAD, encontram-se intimamente ligadas ao RDBMS.

Diferenças SIG-CAD.

Algumas das diferenças fundamentais entre a parte gráfica de um SIG e um CAD são:

- Propósitos diferentes: SIG refletir a realidade. CAD projetar algo inexistente.
- Ambos têm estrato geométrico, mas a criação desses elementos geométricos é distinta: em CAD são criados por delineador, com exatidão; em SIG são extraídos de mapas ou do terreno com certo erro e inevitável imprecisão, embora mensurável.
- O CAD segmenta os dados em arquivos independentes que não partilham um espaço de coordenadas globais. Em SIG os dados conformam um conjunto contínuo. (Isto implica diferentes formas de acesso e diferentes problemas de concorrência).
- Em um SIG a informação é pelo menos uma ordem de magnitude maior, e os objetos são muito mais complexos. (Estima-se que a infra-estrutura municipal requeira entre meio e um gigabyte para cada cem mil habitantes).
- Habitualmente os CAD permitem o enlace com uma base de dados, mas não permitem integração suficiente, por exemplo, para responder perguntas que combinem critérios alfas-numéricos e espaciais. (Não contam com linguagem de consulta alfa-numérico/espacial, nem têm possibilidade de análise de superposição e, normalmente, se existem, os conceitos de topologia são muito simples).
- Há alguns tipos de dados característicos do SIG que um CAD não questiona: dados *raster* georeferenciados e com atributos, como os modelos digitais do terreno, que não se pode implementar eficazmente com um modelador de sólidos.
- Um CAD separa as entidades geométricas em camadas ou níveis. Em um SIG tal partição não deveria existir, por que complica a manutenção dos dados. Em SIG aparecem os conceitos de classe de elemento

geométrico e tema, os quais não são corretamente tratados quando substituídos por estratos.

É importante que se conheça as diferenças entre SIG e DM, porque é freqüente o erro - especialmente quando se conta com importantes recursos - de adquirir-se um sistema SIG quando realmente se necessita um DM. O SIG requer enorme investimento em equipamentos, pessoal, treinamento etc sem proporcionar agilidade de visualização e análise do DM, nem a facilidade de uso de uma aplicação vertical.

Deve ficar claro que SIG e DM não competem pelo mesmo extrato de mercado, por possuírem distintos que se complementam, motivo pelo qual podem coexistir em uma mesma organização.

Em definitivo o DM permite que profissionais o utilizem em seu trabalho e que analisem bases de dados geográficas que, provavelmente, se criaram com um SIG. Assim o DM serve para proporcionar acesso aos dados que se produzem com SIG, em uma mesma organização ou fora dela. Há que se ter em conta, se essa ligação é pretendida; e mais, se o DM não foi desenhado para trabalhar exclusivamente com a base de dados do SIG que se dispõe, será necessário estabelecerem-se mecanismos para adaptar os dados do SIG à estrutura do DM. Isto pode ser feito normalmente mediante software (possivelmente integrado com a aplicação SIG ou ao DM) que gere os arquivos necessários para funcionamento do DM.

Por outro lado há que se distinguir os sistemas de CAD; propositalmente muito diferente ao SIG e com significativas limitações para o seu uso como SIG. CAD e SIG podem coexistir em uma organização mas, normalmente o farão em departamentos diferentes. Por exemplo, o departamento de planejamento usará SIG para determinar a localização de um novo hospital, enquanto o departamento de arquitetura usará CAD para projetá-lo.

No que respeita aos chamados SIGs que se baseiam em um sistema CAD e um DBMS, é preciso cuidado ao exame antes de adaptá-

los. Possivelmente somente serão úteis para usuários com experiência, e grande quantidades de dados em CAD e apenas para atividades muito concretas.

Figura 3.1.: SIG e outros sistemas

Projeto assistido por computador (CAD), gestão de bases de dados, cartografia computadorizada e detecção remota são os principais sistemas que serviram de base para desenvolvimento dos SIG. Muito resumidamente, o projeto assistido por computador ou simplesmente CAD, consiste em sistemas especializados no desenho de objetos em ambiente gráfico. Possui capacidades analíticas muito limitadas e tem poucas ligações à bases de dados.

Os sistemas de gestão de bases de dados consistem em softwares concebidos para a recolha, armazenamento e pesquisa de dados alfanuméricos de informação não espacial.

Os sistemas de cartografia computadorizada são especializados em desenho de mapas, permitindo saídas de grande qualidade em formato vetorial. Elas dão maior importância à visualização da informação,

embora também permitam, com algumas limitações, captura e análise de dados.

Por fim, os sistemas de detecção remota foram desenvolvidos para recolher, armazenar, manipular e visualizar imagens no formato quadricular ou *raster*. As informações são recolhidas através de escâners instalados em satélites ou aeronaves.

Os SIGs são posteriores a todos esses sistemas; e como foram deles que o SIG surgiu, neles encontram-se muitas características comuns ou semelhantes. A característica mais importante do SIG reside em seu grande poder de análise, o que o distingue de qualquer dos outros sistemas.

Um programa CAD auxilia o projetista na manipulação e conexão de entes geométricos no espaço (pontos, linhas, superfícies e volumes). Nos programas de CAD não se faz associação de atributos com os entes espaciais. Por exemplo, ao se projetar uma casa, o CAD não informa com qual material serão construídas as paredes.

Segundo Câmara (1995) existem três gerações de SIG:

A primeira geração (1983-1990) denominada *Project-Oriented SIG* (Sistema Orientados a Projetos ou CAD Cartográfico) caracterizou-se por sistemas que automatizaram os procedimentos cartográficos convencionais, com suporte a banco de dados limitados e sua principal utilização foi em projetos isolados. Seu uso principal era para desenho de mapas e seu sistema, baseado em pacotes separados.

A segunda geração (1991-1997) denominada *Enterprise-Oriented SIG* (Banco de Dados Geográficos ou o Sistema para Suporte a Instituições) caracterizou-se pelo uso de ambiente cliente-servidor, associado a gerenciadores de bancos de dados relacionados a pacotes extras para processamento de imagens por interfaces baseadas em "janela". Seu uso principal era em análise espacial e sistema baseado em softwares integrados.

A terceira geração (1997- dias atuais) denominada *Bibliotecas Geográficas Digitais* ou *Centros de Dados Geográficos*, caracteriza-se

pelo gerenciamento de grandes bases de dados geográficos, com acesso via de redes locais e remotas (Internet). Seu uso principal é de centro de dados e seu sistema é de integração.

Segundo Rodrigues (1990) os SIGs são sistemas que visam à coleta, tratamento e provisão de informações de natureza espaciais. Para ele existe o SIG *stricto sensu* e *lato sensu*. O primeiro denota o software que desempenha as funções de coleta, manipulação e apresentação de informações sobre entes de expressão espacial e sobre o contínuo espacial. O segundo denota o software, o hardware, os procedimentos de entrada e saída de dados, os fluxos de dados de supridores para o sistema e deste para os consumidores, normas de operação e codificação de dados e pessoal técnico envolvido no processo que desempenha funções anteriormente descritas.

Segundo Silva e Röhm (1999), o SIG incorpora técnicas de computação gráfica, gerenciadores de bancos de dados gráficos e atributos, processamento de imagens digitais e rotinas de análise para aplicações específicas. Estes componentes, em conjunto, permitem tratar os dados de forma integrada, desde sua coleta, armazenamento, processamento, manipulação e análise, possibilitando a extração de grande quantidade de informações consistentes que auxiliarão a tomada de decisão.

O SIG, tecnologia emergente, dinâmica e multidisciplinar, que envolve as áreas de informática, engenharia, geografia, cartografia, ciências ambientais e muitas outras, possui definições que ainda não estão consolidadas, sofre inúmeras alterações devido às diferentes visões de seus pesquisadores, à sua diversidade de aplicação e à sua evolução ao longo dos anos. Assim o SIG é, na verdade, um conjunto de ferramentas que auxiliam os profissionais na tomada de decisões.

3.2 CONCEITOS

Para melhor compreensão do SIG faz-se necessário definir alguns conceitos:

CAD – *Computer-Aided Design* (Projeto Auxiliado por Computador). São sistemas que armazenam dados espaciais como entidades gráficas. Como suas informações são acessadas de modo seqüencial elas ficam fragmentadas em diversos arquivos.

AM (CAM) /FM – *Automated Mapping/Facilities Management* (Cartografia automatizada e gerenciamento de recursos). São sistemas que combinam características de sistemas CAD associados a um banco de dados. A parcela FM é capaz de realizar análise de redes.

DTM – *Digital Terrain Model / Digital Elevation Model*. (Modelo digital do terreno). São sistemas que permitem analisar e visualizar tridimensionalmente a variação do perfil do terreno por meio de modelos matemáticos. A partir dele podem ser feitos cálculos topográficos, ser traçado o perfil do terreno e exportar seus dados para um SIG.

Vetorial ou Vector – é uma das duas formas de representar as informações representáveis graficamente, onde os pontos, linhas e áreas são pares de coordenadas.

Matricial ou Raster - é outra forma de apresentar as informações representáveis graficamente, onde se tem uma matriz de células (píxel) às quais estão associadas valores que permitem reconhecer os objetos sob forma de imagem digital; cada píxel possui seu par de coordenadas que o identifica. A eles associam-se também valores inteiros e limitados (geralmente entre 0 e 255) que são responsáveis, por exemplo, em definir a cor para apresentar na tela ou para impressão. A resolução do píxel pode ser determinada em scanner por quantos píxels cabem em uma unidade de medida ou por fotogrametria, onde cada píxel pode corresponder a uma determinada área do terreno.

Topologia – é um conjunto de técnicas que permite perceber as relações espaciais como continência (contém/contido), adjacência

(próximo de, ao lado de) e conexão (relacionado com, ligado a) inerentes ao posicionamento relativo dos objetos, independente de suas dimensões ou coordenadas exatas. A análise topológica permite ao SIG distinguir as relações espaciais entre os objetos.

Redes – na sua formação criam-se relacionamentos entre entidades gráficas de modo a permitir análises como, por exemplo, o caminho mais curto. Um tipo mais comum de rede é o Grafo. Sua relação é feita entre elementos pontuais, denominados nós (ou nós virtuais) e elementos lineares, denominados arcos; cada arco é sempre conectado exatamente entre dois nós e cada nó pode estar conectado a um número qualquer de arcos.

Análises Espaciais – são análises a partir de dados georeferenciados e de padrões de dados associados à localização, dos quais se obtêm novos dados. O que caracteriza o SIG é o processamento espacial de dados cartográficos associados a atributos alfanuméricos de forma topológica, criando novas informação através dos dados.

Buffering – também chamado zona de influência, permite ao software pesquisar a ocorrência de objetos em um raio dado em volta do ponto ou a ocorrência de objetos em um polígono gerado por paralelas a uma determinada distância do perímetro da poligonal original. Pode ser baseada em dados alfanuméricos ou em dados geográficos.

Indexação Espacial – são estruturas de dados espaciais através das quais é possível rapidamente recuperar-se uma lista de objetos geográficos contidos em uma dada região do espaço. Por exemplo, quando se executa o zoom, o SIG precisa recuperar os objetos dos bancos de dados de modo a preencher corretamente a janela de visualização.

Dados - são os elementos básicos (matéria prima) para a elaboração de informações. Eles são a representação de fatos, conceitos ou instruções de maneira formal, apropriada à sua comunicação, interpretação ou processamento. Os Dados Geográficos são um caso particular de dados espaciais e geralmente são caracterizados por terem

duas componentes fundamentais: o registro de determinado fenômeno, como por exemplo, uma dimensão física (a população de uma cidade, a largura de uma dada estrada) ou uma classe (tipo de rocha, tipo de vegetação, nome de uma cidade); e a localização espacial do fenômeno.

A localização geralmente é especificada com a referência a um sistema de coordenadas comuns como latitude e longitude. Dados georeferenciados são dados espaciais que dizem respeito à localizações na superfície terrestre.

Segundo Câmara et al (1996), as principais classes de dados geográficos são mapas temáticos e cadastrais, redes (água; luz; telefone; hidrográficas; rodovias; arruamentos e outras), modelos numéricos do terreno e imagens (fotos, desenhos). Ainda segundo esses autores, o dado geográfico descreve fatos, objetos e fenômenos do globo terrestre associados à sua localização sobre a superfície terrestre, em um certo instante ou período de tempo. Os dados georeferenciados comumente são caracterizados a partir de três componentes fundamentais; características não-espaciais, características espaciais e características temporais. Sua distribuição espacial ainda pode ser adimensional (ponto), unidimensional (linha), bidimensional (superfície) e tridimensional (sólido).

Sistema de Informação – é o conjunto de partes interagentes e interdependentes que, conjuntamente, formam um todo unitário com determinado objetivo e efetuam determinada função. A informação é constituída pelo significado que o homem atribui aos dados. O refinamento dos dados, quando manipulados, podem produzir novas informações. Oliveira (1996)

A terminologia "sistema de informação" é usada como sinônima de "sistema de base de dados" ou "sistema de processamento de dados". Ele se refere a um sistema, nem sempre computadorizado, desenhado para entrada, armazenamento, processamento e saída de informações. O produto final, a informação, normalmente será o resultado da composição de entidades, construído a partir de um ou vários dados. Neste contexto,

o sistema de informação dá, ao usuário, a habilidade de produzir informação, de forma a contribuir essencialmente na redução de incertezas.

Geoprocessamento - são conjuntos de técnicas matemáticas e computacionais para tratamento da informação geográfica.

3.3 BANCO DE DADOS

O sucesso da implementação de um SIG depende da qualidade da transposição de entidades do mundo real para o banco de dados, isto é, depende da qualidade dos dados e do Sistema Gerenciador de Banco de Dados disponível.

Para um SIG as coletas de dados são efetuadas através de observações diretas de campo, do uso de sensores ou por compilação de dados já existentes. A entrada de dados envolve duas operações distintas: codificação das informações e criação de bases de dados. É nesta etapa que os dados levantados em campo são transformados para forma compatível com o programa computacional.

Os DBMS's são responsáveis pelo controle da entrada, armazenamento, saída e recuperação dos dados pertencentes à Base de Dados. Uma vez que a base é composta por dados contidos em muitos arquivos, é necessário adotar algum tipo de estrutura de organização a fim de facilmente acessá-los em um ou mais arquivos.

Segundo Worboys (1997), no centro do SIG está a base de dados. Eles são contextualizados e associados a um significado pelo domínio da aplicação e, então, eles se tornam informação. Tais dados primeiramente devem ser capturados em forma tal que o sistema possa os manipular e incorporar. Os sistemas de bancos de dados providenciam facilidades que permitem inserir os dados nas formas apropriadas. Dados apenas se tornam úteis (assumindo o valor de informação) quando é parte de uma estrutura de inter-relações que formam o contexto dos dados. Tal contexto é parcialmente provido pelo seu modelo. Algumas aplicações requerem

modelos de dados relativamente simples, mas muitas aplicações - incluindo a maioria das aplicações de SIG - demandam modelo de dados mais complexo. Juntamente com o modelo de dados veem as ferramentas de manipulação. Muitos modelos modernos permitem a representação não apenas das relações estruturais dentro dos dados, mas também das operações e requisitos de processamento que os dados venham a requerer. É importante que o SIG tenha funcionalidade suficientemente completa para prover análise de alto nível e apoio à decisão requerido no domínio da aplicação. Recuperação eficiente de dados depende não somente de dados apropriadamente estruturados em um banco para prover desempenho satisfatório, mas também da interação apropriada entre homem e máquina, incluindo interfaces bem projetadas e linguagem de consulta para o sistema de informação. Enquanto o primeiro otimiza estruturas, representações e algoritmos para os dados e operações, o segundo provê um ambiente que otimiza interação humana e sistema de informação.

Os bancos de dados alfanuméricos são classificados em:

- **Seqüencial:** as informações são seqüencialmente armazenadas em registros, de mesmo formato e dividido em campos. O seu acesso se dá seqüencialmente, isto é, para ler um determinado registro deve-se ler todos os anteriores.

- **Hierárquico:** os registros são classificados como "pais" e "filhos" em hierarquia. No banco de dados os "filhos" só existem caso existam "pais" e se o registro "pai" for apagado, os "filhos" também o serão.

- **Rede:** através de apontadores que formam pares de entidades as informações se relacionam entre si. Com isso pode-se expressar relações dos mais variados tipos. São estruturas de dados adequadas para representar entidades como transporte público e rede de esgoto.

- **Relacional:** este é o principal tipo de banco de dados utilizado atualmente no mundo todo, quer para SIGs quer para aplicações convencionais, tornando esta área de pesquisa bem explorada e bastante

consolidada. Este modelo, com seus recursos, são capazes de implementar os conceitos de todos os modelos anteriores, simulando seu funcionamento e podendo substituí-los se necessário. Por isso tão freqüentemente são adotados para apoiar a implementação de SIGs. No entanto, não é simples a implementação de conceitos espaciais em banco de dados relacionais; gerando muitos problemas, principalmente no consumo de espaço em disco, na performance e no entendimento da representação dos dados por parte do usuário. Nesse banco de dados, os diversos arquivos são ligados entre si de forma apenas lógica, ou seja, cada arquivo (ou tabela) contém diversos campos (colunas); e para se relacionarem com outro arquivo basta que ele tenha também um desses campos. Possuindo um campo em comum, as duas tabelas estão relacionadas. Os dados são extraídos da base de dados relacional através de um procedimento no qual o usuário define a relação apropriada para a consulta. Essa relação não precisa necessariamente estar presente nos arquivos existentes, pois o programa de controle usa os métodos de álgebra relacional para construir novas tabelas.

- **Orientado a objetos:** nos últimos anos, com aumento da utilização de DBMS's, observou-se que não são completamente adequados para processar a informação geográfica, o que ensejou o desenvolvimento e aplicação de alternativas, tais como os sistemas orientados a objetos. Neste banco de dados, a unidade fundamental de recuperação e armazenamento de informação passa a ser o objeto, que é uma estrutura de dados que contém, além das informações gráficas e alfanuméricas, informações sobre o relacionamento desse objeto com outros objetos. O comportamento do objeto também faz parte da base de dados, ajudando a resolver, de forma padronizada, algumas situações comuns. Este tipo de enfoque se apresenta como o mais adequado para a implementação de SIGs, pois permite maior flexibilidade na definição das entidades representadas e sua interdependência - sem comprometer a percepção do usuário em relação ao modelo. Muitos programadores usam esse modelo para desenvolvimento de algoritmos para seus

softwares. Estudos mais recentes recomendam uso de modelos orientados a objetos, pois facilita a especificação incremental de aplicações, importante característica em SIG.

Existem duas formas distintas de se representar às informações gráficas em um SIG: Matriciais (Raster) ou Vetoriais (Vector). Cada fabricante de software optou por uma modalidade de tratamento desses dados para minimizar o consumo de espaço no disco e evitar que o excesso de informações dificultasse ou atrasasse sua exibição. Esses dados são divididos em classes (cada software pode ter um nome diferente para classe, como nível, *layer* ou ambiente) ou tipo de informações. Os bancos de dados gráficos são classificados em:

- **Armazenamento desestruturado:** as informações gráficas são armazenadas em arquivos sem nenhuma forma especial de organização, cabendo ao usuário gerenciar o ambiente. Funcionam assim os *Desktop Mapping* e os SIG apoiados em CAD. As imagens *raster* permitem acesso mais automatizado.

- **Estruturas proprietárias:** cada fabricante de software desenvolve seu próprio gerenciamento de informações gráficas; o que se torna segredo comercial. Tendem a serem compactos e pouco comprometem a performance do computador. Porém não existe forma plenamente segura de garantir a integridade entre gráficos e dados alfanuméricos, uma vez que no computador eles são gerenciados por programas distintos.

- **Armazenamento conjunto gráfico-alfa:** este tipo de armazenamento busca garantir a integridade entre dados gráficos e alfanuméricos através de armazenamento e gerenciamento integrado das informações. Em alguns sistemas, tanto as informações gráficas quanto alfanuméricas estão armazenadas em um sistema gerenciador de banco de dados relacional. Em outros, as informações são armazenadas sob a forma de objeto, os quais são estruturas de dados capazes de conter quer a forma gráfica quer os atributos alfanuméricos de uma entidade espacial.

No armazenamento total em banco de dados relacional, são conseguidas algumas vantagens, principalmente na segurança operacional do sistema. A estrutura, já bastante evoluída e estável dos SGBD relacionais, garante não apenas a integridade dos dados, mas também introduz recursos bastante poderosos para operação do sistema, tais como controle de backups e recuperação de falhas. No entanto, o consumo de espaço em disco, devido à inadequação da representação em tabelas para codificação de quantidades variáveis de pares de coordenadas, juntamente com outros fatores, causa diminuição na performance do sistema.

No armazenamento em banco de dados orientado a objeto, não ocorrem problemas relatados com relação à performance e ao volume de armazenamento. Esta forma de organização favorece a implementação de modelos de dados complexos, com total suporte às diferentes formas de relacionamento entre objetos do mundo real. No entanto, em comparação com a estrutura totalmente aberta dos SGBDs relacionais, o armazenamento como objetos pode ser visto como variante do armazenamento proprietário, por não permitir ou pelo menos dificultar o acesso via aplicações externas ao SIG. Os controles e seguranças implementados pelos sistemas relacionais não são encontrados com a mesma sofisticação nos sistemas orientados a objeto.

3.4 CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS DE UM SIG

Segundo Davis e Fonseca (2000), as consultas típicas de aplicações SIG podem ser caracterizadas como compostas ao longo de três eixos, onde cada consulta fixa ao menos um dos eixos e faz variar os dados ao longo dos outros dois. Com isso ele pode envolver o estado de um fenômeno quanto à sua distribuição espacial e temporal ou pode também se limitar a um fenômeno específico e a relacionamentos espaço-temporais entre fenômenos geográficos distintos.

A função do SIG é aprimorar a capacidade do usuário em tomar decisões na pesquisa, planejamento e gerenciamento. Ele envolve uma cadeia de passos desde observação e coleta de dados até sua análise e uso na tomada de decisões. Assim, um SIG pode ser visto como um subsistema de um sistema de processamento de dados. Este sub-sistema se refere à maneira pela qual os dados são estruturados e organizados, tanto no que respeita ao seu manuseio no computador, quanto como dados são percebidos pelos usuários do sistema.

Um SIG tem também seus subsistemas que são:

1º Aquisição de dados

A entrada de dados para um SIG pode ser feita a partir de diversas fontes, como dados vetoriais e *raster* provenientes de fotos aéreas, dados alfanuméricos georeferenciados em papel ou formato digital e dados provenientes de imagens *raster*. Esta é, geralmente, a etapa mais cara na implantação de um SIG. É também uma etapa fundamental, porque dela vão depender as análises e resultados que o SIG poderá produzir.

Esses dados, de maneira geral, passam por um pré-processamento antes de entrarem no SIG. Nesse processo os dados são tratados, corrigidos e codificados para serem carregados no SIG, isto é, ocorrem traduções de formatos, detecção de erros e correção e otimizações dos dados.

Esses diversos formatos de dados podem gerar vários problemas na tradução e conversão de formatos, entre eles: conversão de tipos diferentes de mídia magnética, como de disquetes para discos magnéticos; ou ainda sistemas operacionais diferentes (DOS, UNIX), e a tradução do formato atual para o formato de dados do SIG. Além dos erros de mídia magnética, existem erros de incompatibilidade de tradução, entidades que existem no formato original podem não existir no formato do SIG, ou podem não atender às exigências de tradução. Erros de localizações geográficas inválidas ou incorretas não são incomuns e necessitam ser corrigido. Após essa correção procede-se à otimização

dos dados convertidos com vista à melhor adequação às estruturas internas do SIG.

2º Gerenciamento de dados

O sistema gerenciador de bancos de dados devem suportar diversos usuários e diversos bancos de dados. Ele deve permitir que o banco de dados geográfico seja usado em operações de inserção, atualização ou exclusão de dados, para haver eficiente armazenamento, recuperação e atualização, de modo a evitar redundância e manter segurança e integridade dos dados.

3º Recuperação de dados

A recuperação dos dados espaciais (gráficos e imagens) e alfanuméricos deve ser realizada por meio de pesquisas para localizar determinados ou todos os objetos geográficos e seus dados alfanuméricos, com ou sem critérios de seleção geográfica ou alfanumérica. A eficiência dessas operações de recuperação de dados depende do volume de dados armazenados do método de armazenamento e das estruturas internas de arquivos. Hoje, são bastante comuns eficientes métodos de pesquisa de dados alfanuméricos. No entanto, os métodos de pesquisa geográficos envolvem procedimentos bastante complexos e de difícil implementação.

4º Manipulação e análise de dados

A análise de dados geográficos de diferentes tipos, requer técnicas capazes de processar com estruturas de *grid*, estruturas do tipo X Y e, também, de analisar dados em forma de tabelas. Essas operações, típicas de manipulação e análise de dados são reclassificação e agregação de dados alfanuméricos, operações geométricas como rotação, translação, mudanças de escala, conversão de coordenadas geográficas e suas retificações e correções, mudanças de tipos de dados (linha em polígono etc.), análises espaciais, medidas de distância e direção e análises estatísticas.

5º Exibição de dados

Diz respeito aos modos em que dados são exibidos e como resultados das análises são relacionados aos usuários. Assim, um SIG deve incluir programas para exibição de mapas, gráficos e informações alfanuméricas em uma variedade de meios, como papel, tela de computador, filme fotográfico, impressora, plotter, unidades de disco magnético, disquetes ou CD-ROM, aparelhos de microfilmagem e vídeo cassete etc. Esses programas devem ter capacidade de mostrar a distribuição espacial de vários objetos e ocorrências. A escolha do tipo de mapa vai depender de fatores ligados à natureza dos dados, como distribuição contínua ou descontínua, e da finalidade do mapa.

Um SIG precisa ter, também, recursos de endereçamento geográfico, ou seja, escolher o local a ser exibido geograficamente, seja interativamente através de zoom na tela do computador, seja em coordenadas definidas.

O sub-sistema de exibição e apresentação, convencionalmente, resulta produtos visuais. Para aqueles que são desprovidos de visão ou que tem visão residual, é possível uma alternativa de apresentação de mapas e gráficos com emprego de novas tecnologias, que permitam gerar mapas táteis e mapas falantes.

3.4.1 CONSULTAS A DADOS EM SIG

Segundo Câmara et al (1996), as aplicações de SIG freqüentemente são modelados segundo duas visões complementares: o Modelo de Campos (*Field Model*), que enxerga o mundo como uma superfície contínua, sobre a qual os fenômenos geográficos a serem observados variam segundo diferentes distribuições; e o Modelo de Objetos (*Object Model*) que representa o mundo como uma superfície ocupada por objetos identificáveis, com geometria e características próprias.

Os Modelos de Campos freqüentemente são representados no formato de tesselação ou matriciais. Neste tipo de representação são operações típicas as sobreposições de matrizes, combinando valores das células através de funções matemáticas, ou abstração de conjuntos de várias células adjacentes em uma única célula, cujo valor é calculado a partir dos valores das células selecionadas.

O Modelo de Objetos Geográficos é tipicamente representado no formato vetorial; sua geometria é descrita utilizando pontos, linhas e polígonos.

Essa modelagem de dados geográficos difere da tradicional devido não apenas às características espaciais, mas por envolver a questão da representação, que varia segundo a perspectiva do usuário, da aplicação, ou de fatores técnicos.

Na implementação de um SIG, o gerenciamento de representações múltiplas deve possuir vários níveis: interface (apresentação), modelagem e estrutura de dados.

Uma representação pode ser materializada, quando armazenada explicitamente no banco de dados; ou calculada, quando há uma função registrada no SIG capaz de computá-la a partir de outra representação.

3.4.2 MODELAGEM DE DADOS GEOGRÁFICOS

A modelagem de dados geográficos deve definir as operações de manipulação e fornecer ferramentas para descrever a organização lógica de bancos de dados, produzindo uma visão abstrata da realidade. Isso facilita o acesso e sua reutilização, bem como a expansão e sua integração com outros dados que, criados para aplicações distintas, descrevam a mesma realidade.

Segundo Câmara et al (1996) os modelo de dados geográficos utilizam o modelo orientado a objetos baseado em classes de *Beer* (propostas em 1989), no qual objeto, instância de uma classe, é

caracterizado por seu estado e comportamento e pode ser composto por outros objetos.

Segundo esses pesquisadores, o modelo de dados adota uma estratégia de especificação que identifica quatro níveis de abstração:

Nível do Mundo Real, que contém os elementos da realidade geográfica a serem modelados.

Nível Conceitual, que comporta o ferramental para modelar formalmente um campo e objetos geográficos em um alto nível de abstração e permite modelar o mundo real como uma coleção de classes orientadas a objetos, agrupadas em duas classes: convencionais e georeferenciadas.

Existem duas hierarquias básicas de geo-classes cujas raízes são as classes de geo-campo e de geo-objeto.

Os geo-campo descrevem os campos geográficos e possuem como atributos espaciais a localização, contradomínio e mapeamento. Estes atributos são obrigatórios e formam a componente espacial do geo-campo. Os atributos convencionais de um geo-campo formam sua componente convencional. O modelo oferece três subclasses de geocampo: temáticos, numéricos e dados sensorremotos.

Os geo-objeto descrevem objetos geográficos e possui o atributo de localização podendo ser elementar, composto ou fraco.

Nível de Representação, que associa as classes de campos e objetos geográficos identificadas no nível conceitual a classes de representações.

Nível de Implementação (físico ou interno), que define padrões, formas de armazenamento e estruturas de dados para implementar as diferentes representações.

3.4.3 CONVERSÃO DE DADOS

A conversão de dados significa transformar dados disponíveis de um meio para outro, isto é, o material original (dados e informações

gráficos ou alfanuméricos) será convertido em um banco de dados informatizado. Essas transformações devem ser confiáveis, precisas, racionais e ordenadas, pois são elas que vão alimentar os softwares que processarão esses bancos de dados e que deverão satisfazer às necessidades dos usuários. No processo de implantação de um SIG (etapa custosa) ele não realizará qualquer tarefa útil até que um conjunto básico de dados e informações tenha sido totalmente transformado.

A criação da base de dados geográfica envolve questões como a fonte das informações e método para entrada dos dados. A fonte mais comum de informações é o recente conjunto de mapas, os quais devem ser atualizados, examinados quanto à exatidão e avaliar se sua conversão para forma digital vai ou não melhorar sua qualidade. Os principais métodos são digitalização, leitura por scanners e vetorização.

Se os mapas não existem ou estão em mau estado, a opção é a restituição digital a partir de aerofotos. As aerofotos também podem dar origem a ortofotos digitais que, por sua vez, também podem ser usadas para compor a base geográfica. Se ainda houver algum tipo de informação que contenha coordenadas, elas também podem ser acrescentadas à base geográfica digital.

Em casos de mais organizações usarem SIG na área em questão, as informações podem ser compradas ou trocadas por serviços e contrapartidas. No Brasil começam a aparecer empresas comerciais que vendem dados já prontos de algumas das principais cidades brasileiras.

Na conversão de dados há quatro fatores importantes: informações a converter, organização do processo, pessoas envolvidas e tecnologia usada. Estes quatro fatores são igualmente importantes, e estão intimamente relacionados. Qualquer falha em um deles causará danos não apenas ao processo de conversão em si, mas, também, ao sucesso da implantação e da operacionalização do SIG.

As operações realizadas com os dados são divididas em: pré-processamento e processamento. A função do pré-processamento é permitir e modificar dados como um todo, com objetivo de efetuar, entre

outras, a mudança de escala, projeção cartográfica, fazer a união de bases de dados e conversão entre tipos de arquivos. A função de processamento propriamente dita tem por objetivo extrair informações de acordo com as necessidades do usuário, como localização de uma entidade e listagem de seus atributos, atualização dos dados, cálculo de áreas, perímetro e distâncias, posicionamento, operações aritméticas, cálculos estatísticos, classificações entre planos de informação, filtragens espaciais, e outros.

É muito importante a elaboração de um cronograma para a atividade de conversão de dados. É preciso levar em consideração não apenas as limitações de recursos humanos e materiais, mas também a necessidade de manutenção das informações ao longo do processo de conversão.

A conversão de dados se organiza, basicamente, em uma seqüência de etapas entre planejamento, controle e execução da conversão.

Inicialmente determinam-se necessidades e abrangência do projeto de conversão e identificam os objetivos necessários para cumprimento dos objetivos do SIG. Uma vez identificados, faz-se uma avaliação de sua disponibilidade, relacionando as fontes utilizáveis, descrevendo o meio físico de armazenamento, o estado de conservação, o nível de atualização, a abrangência e demais fatores que poderão interferir na conversão e determinar, com clareza, qual é o volume de informações de cada tipo a converter.

A metodologia para conversão de dados pode ser feita de duas formas:

Contratando agentes externos: Determinados projetos obrigatoriamente terão contratação externa, devido à exigência de algum equipamento especial, cujo custo geralmente não poderá ser bancado pelos recursos do projeto. O acompanhamento da execução e a verificação para aprovação do material apresentado pelo executor da conversão pode ser uma operação bastante complexa, com razoável

demanda de conhecimento técnico especializado. Muitas vezes é necessário desenvolver programas de computador que possam inspecionar dados disponibilizados, para determinar falhas e distorções em sua codificação. Uma vez entregue o material, será muito difícil negociar correções, além de consumir, também, tempo e recursos de administração no processo.

Conversão *in-house*: as conversões são desenvolvidas com recursos próprios, mantidos os dados no ambiente do possuidor. A conversão *in-house* tem como pontos favoráveis, a alternativa de ser executada nos prazos e utilizando recursos que forem viáveis, dentro das possibilidades do órgão executor. O controle de qualidade obedecerá a regras estabelecidas pela organização, e a especificação do trabalho poderá ser mais flexível, admitindo-se até mesmo sua adaptação ou aperfeiçoamento no decorrer do processo. Caso se encontre falhas metodológicas ou imperfeições nos dados, é possível detectar e corrigir mais prontamente que no caso da conversão contratada externamente.

Em muitos países a prestação de serviços de conversão de dados para geoprocessamento é um negócio como outro qualquer, nos quais empresas especializadas desenvolvem metodologias e processos próprios de controle de qualidade que são apresentados aos interessados apenas superficialmente, para preservar o segredo comercial sobre algum fator da margem competitiva da empresa. Suas bases cartográficas convencionais são extremamente precisas e bem organizadas, e uma das principais preocupações dos potenciais contratantes de conversão de dados é a preservação dos níveis de confiabilidade no resultado.

"Uma discussão interessante na etapa de escolha de metodologia e tecnologia é a conveniência ou não de se desenvolver um projeto piloto. O desenvolvimento do piloto pode ser uma ótima fonte de aprendizado para a equipe do órgão contratante, e pode expor a tempo diversos tipos de problemas e limitações dos dados originais. Também o dimensionamento dos custos da conversão pode ser orientado pelo projeto piloto". (Davis e Fonseca, 2000, p.73)

"No entanto, pode-se não dispor do tempo necessário para a elaboração do piloto. Outro risco é mais de ordem psicológica: como o piloto por si só não cumprirá função prática alguma, é comum que projetos de geoprocessamento estacionem precisamente nesta fase. Ou seja, a ferramenta e suas aplicações são exploradas com sucesso sobre um pequeno fragmento da área de interesse; mas ao perceberem os custos e a complexidade do processo, muito administradores acabam por descontinuar o trabalho, em vez de incentivá-lo". (Davis e Fonseca, 2000, p.73)

A tecnologia a adotar será diretamente determinada pela forma de armazenamento gráfica (vetorial ou matricial) e pela forma de organização e material de arquivamento das informações originais. As alternativas tecnológicas de conversão de dados mais usados estão listadas abaixo:

Quadro 3.4.3 Alternativas tecnológicas de conversão de dados

MÉTODO	PONTOS POSITIVOS	PONTOS NEGATIVOS
Digitação	Simple definição e aplicação. Contratação e treinamento de pessoal.	Exige muita verificação visual e controle de qualidade.
Topografia	Amplamente difundida e dominada. Alta precisão com equipamentos modernos.	Em áreas complexas o levantamento tende a ser lento. Migração para o SIG pode não ser simples.
GPS	Precisão variada, dependendo do modelo, tipo e método usado. Levantamentos rápidos.	Difícil uso em áreas urbanas densas.
Digitalização em mesa	Equipamento de baixo custo. Digitaliza plantas em qualquer estado.	Tendência a acúmulo de erros. Precisão depende do operador. Difícil pós-processamento para correção e limpeza
Digitalização "heads-up"	Boa precisão. Geralmente não necessita pós-processamento.	Custo adicional de rasterização dos originais. Qualidade depende do operador.
Vetorização automática	Processamento rápido e relativamente barato.	Dificuldade de separação de elementos em níveis. Custo adicional de rasterização dos originais. Pós-processamento demorado e custoso.
Vetorização semi-automática	Produtividade elevada. Separação em níveis, codificação de símbolos e interpretação de textos comandados pelo operador.	Custo adicional de rasterização dos originais. Exige algum pós-processamento (edge-matching). Uso complicado em desenhos complexos.
Estéreo restituição digital	Excelente precisão. Operadores experientes.	Custo elevado. Funciona apenas sobre aerofotos. Grandes prazos.
Rasterização	Extremamente rápido e barato.	Dificuldade de armazenamento e processamento (arquivos volumosos). Carrega imperfeições da planta original.
Ortofotografia digital	Relativamente rápido e com custos razoáveis. Atualização simples. Por aerofotogrametria. Modelagem do terreno como subproduto. Utilização como fundo do SIG vetorial. Reconhecimento visual de feições não restituídas	Relativamente desconhecido no Brasil. Dificuldade de armazenamento e processamento (arquivos de dados volumosos).
Sensoriamento remoto	Muito barato e rápido. Séries históricas (LANDSAT) recuperáveis via arquivo do INPE. Possibilidade de análise multiespectral e classificação.	Aplicável apenas a grandes áreas. Uso limitado no ambiente urbano. Arquivos de dados volumosos.

Definidas as metas do trabalho de conversão, a metodologia e a tecnologia a empregar, é possível partir para elaboração de um plano geral para a conversão. Quando a conversão é contratada por agentes externos, é desejável que sejam previstos pontos de controle, ou fases com entrega parcial dos serviços, para facilitar a fiscalização e apontar eventuais falhas na metodologia ou no controle de qualidade do prestador de serviços.

Os parâmetros de produtividade, custo, prazo e também as dificuldades identificadas no piloto orientarão a elaboração de um plano de conversão mais próximo da realidade, tornam a elaboração do plano de conversão a fase do trabalho que mais se beneficia da elaboração de um projeto piloto.

O plano de conversão deve ser elaborado de modo a dar margem à continuidade do processo de atualização. Normalmente, a conversão de dados transpõem, para nova tecnologia, informações que habitualmente são mantidas por uma equipe de pessoas. A instauração do processo de conversão não deve paralisar, mas redirecionar a rotina. Todo o material já convertido deve, tanto quanto possível ser mantido atualizado usando os novos recursos, e o material ainda não convertido deve ser atualizado rotineiramente até o momento de ser enviado ao prestador de serviços. Estas providências visam, principalmente, diminuir o choque da transição sobre o nível de atualização das informações.

A maior parte dos custos são realizados na execução da conversão, e o controle de qualidade deve funcionar adequadamente para que não ocorra desperdício de tempo e recursos.

No início do processo, a produtividade normalmente é muito baixa; a medida que os operadores se familiarizam com o sistema, ela cresce gradualmente até alcançar um ritmo ideal, e, no final do trabalho, tenderá a decrescer, até restar correção de pequenos problemas e detecção de imperfeições. Assim é vital manter-se controle sobre a produtividade, acompanhando-a e verificando-se constantemente as metas de produção estabelecidas no planejamento.

Sempre que possível deve-se pensar em maneiras de automatizar o processo de conversão de dados. Qualquer automatização da conversão poderá, com módico custo inicial, resultar em mais qualidade e melhor produtividade no desenvolvimento do trabalho.

Na execução da conversão é essencial ter completo domínio dos procedimentos de controle de qualidade. Principalmente no início do trabalho, quando a produtividade ainda não alcançou seu pico máximo, a identificação de problemas via controle de qualidade toma-se mais importante. Como a conversão de dados muitas vezes é atividade que exige grande precisão e confiabilidade é vital adoção desses procedimentos.

O controle de qualidade começa com a conversão dos dados, mas deve continuar em constante funcionamento. Quando se imagina um sistema em uso permanente, um processo que pode ser claramente separado da conversão de dados, cuja finalidade é garantir a confiabilidade das informações. No controle de qualidade para conversão de dados o objetivo principal é garantir que os dados gráficos estejam corretos, completos e corretamente distribuídos pelos níveis ou categorias de informação. Os atributos ou dados alfanuméricos devem estar corretos, completos e corretamente relacionados aos dados gráficos e o conjunto das informações resultantes da conversão devem atender às especificações previamente definidas.

Se os dados não puderem ser verificados à medida que forem convertidos, é preciso definir quando serão verificados, e por quem. É importante garantir que todos os dados sejam checados, independente de quem a executa (pessoal próprio ou empresa contratada).

3.5 ARQUITETURA INTERNA DOS SOFTWARES

Um importante aspecto na escolha do software é sua arquitetura funcional. Principais arquiteturas dos softwares, disponíveis no mercado que, de uma maneira ou outra, enquadram em uma destas alternativas:

1º SIG Tradicional: Possui, em sua arquitetura, o gerenciamento em separado do banco de dados gráficos e do banco de dados alfanuméricos. O banco de dados geralmente é proprietário e integrado ao produto, mas nem sempre é relacional e o armazenamento de gráficos é feito em estruturas proprietárias. Porém, o padrão do mercado usa banco de dados alfanumérico externo (relacional).

2º SIG Baseado em CAD: na sua arquitetura os gerenciadores de dados gráficos geralmente são externos ao SIG (por exemplo, feito em pacotes CAD) e os gerenciadores de banco de dados alfanuméricos são relacionais externos no padrão do mercado. Esse sistema possibilita manipulação dos arquivos do banco de dados gráficos direto em sistemas CAD, sem usar o SIG propriamente dito.

3º Relacional: Devido à sua arquitetura, possui pouca integração por possuir diversos módulos, isto é, recursos como geoprocessamento são extensões ou complementações que se ligam por um gerenciador relacional. Assim, os dados gráficos e alfanuméricos são armazenados de forma integrada no banco de dados relacional externo ao software do SIG.

3º Orientado a Objetos: Seu gerenciador de objetos, geralmente proprietário, possui a possibilidade de conexão com um gerenciador de banco de dados relacional e externo.

4º Desktop Mapping: Sua arquitetura possibilita que seus arquivos sejam externos e independentes, sem que haja um forte gerenciador de informações gráficas e alfanuméricas. Geralmente possui boa interface de usuários e trabalha em ambiente Windows.

5º Baseado em Imagens: A comunicação ocorre com um banco de dados relacional externo por meio de vetores que se sobrepõem às imagens. Essas informações gráficas geralmente ficam armazenadas, como arquivos independentes.

Segundo a Revista Fator SIG nº 8, existe mais de 20 programas computacionais de SIG em comercialização no Brasil, desde versões

Freeware, disponíveis gratuitamente até versões que custam milhares de reais. Abaixo estão relacionados alguns destes programas:

Quadro 3.5: Softwares de SIG em comercialização no Brasil

SIG Fabricante	Estruturas de Dados	Banco de Dados	Equipamentos	Observações
APIC	Vetorial	Orientado a objeto	Workstation	Produzido na França
APIC Systèmes	Raster	Relacional (opcional)	PC (a partir de maio/95)	Produzido na França
ARC/INFO ESRI	Vetorial topológico ou raster	Relacional	Workstation e PC (limitado)	É o SIG mais vendido nos EUA. Inclui ainda o Arc/CAD e ARC/View
ARGUS Munro Garrett	Vetorial	Relacional	PC	Apoiado em gerenciadores de bancos de dados padrão SQL
Atlas GIS Strategic Mapping	Vetorial	Relacional, xBASE	PC	Mais utilizado como ferramenta de Desktop Mapping
DBMapa MaxiData	Vetorial	xBASE	PC	Apoiado em MaxiCad
Genasys	Vetorial ou Raster	Relacional	Workstation, PC	
GFIS IBM	Vetorial	Relacional	Mainframe (terminais gráficos)	
GIS Plus Caliper	Vetorial	Relacional	PC	
IDRISI	Raster	Proprietário	PC	Uso principalmente educacional
Maoinfo	Vetorial	Proprietário, xBase	Workstation, PC	Principalmente usado como ferramenta de Desktop Mapping
MGE Intergraph	Vetorial ou Raster	Relacionais	Workstation e PC (limitado)	Baseado em sistema CAD Microstation
Natural Geographic SoftwareAG	Vetorial	Hierárquico	Mainframe ou Workstation (servidores) e PC (clientes)	Baseado em banco de dados ADABAS
Regis Computacional Mechanics Pty	Vetorial	Relacional	PC, Workstation	Apoiado em gerenciador padrão SQL
SPANS TYDAC	Raster	Relacional	Workstation	Utilizado em aplicações para grandes áreas, com ênfase no sensoriamento remoto p/ obtenção dos dados.
SPANS/Map TYDAC	Vetorial	Relacional	PC	Apenas p/ consulta e geração de mapas
SPRING INPE	Raster ou Vetorial	Relacional ou Orientado a objetos	Workstation	Forte ênfase em dados Raster, devido a tradição do INPE. Esperada grande evolução a partir da cooperação INPE/UNICAMP
System 9 UNISYS	Vetorial ou Raster	Relacional	Workstation	
Vision GIS System House	Vetorial ou Raster	Relacional	Workstation	Um dos pioneiros no armazenamento de gráficos dentro do banco de dados relacional
WinGis Progis	Vetorial	Externo	PC	Apoiado em gerenciadores de bancos de dados padrão SQL
ZIMage ZIM	Raster e Vetorial	Externo	Workstation, PC	Apoiado em gerenciadores de bancos de dados ZIM

3.6 IMPLEMENTAÇÃO DE UM SIG

O projeto e a implementação de um SIG é atividade de longa duração. Segundo Aronoff (1989) todo o processo comumente tem a duração de uma ano ou mais; desde quando pela primeira vez a organização se torna ciente da tecnologia, que o sistema esteja operacional finalmente. Ademais, possíveis falhas em sua implementação, quase sempre são problemas humanos e não tecnológicos.

Na implementação de um SIG a tecnologia deve servir como instrumento para facilitar a tomada de decisão dos usuários; e uma das razões para sua complexidade neste processo é o fato dessa decisão, necessariamente ter caráter político e econômico.

Para análises espaciais de pequeno porte, um sistema de baixo custo, baseado em microcomputador - software *Desktop Mapping freeware* - pode fornecer poderosas ferramentas para planejadores e administradores, criando mapas temáticos para relatórios e apresentações. Os próprios usuários podem ser treinados para assumir as tarefas de suporte, conversão de dados e atualizações.

Com a implementação de um SIG, são deslocados os fluxos de informação e diferentes pessoas da organização a adotam e aprendem a usar essa nova tecnologia que exerce diferentes graus de controle sobre a informação, como distribuição e uso. Isso por si só muda a organização, pois o poder da informação pertence a quem a gera e controla.

O controle sobre sistemas centralizados de informação tende a aumentar o poder dos administradores e especialistas técnicos que os controla, em detrimento daqueles a quem falta especialização para usá-los efetivamente. Por essa razão, há forte tendência para que cada agência deseje controlar sua própria informação.

Segundo Aronoff (1989), os dados gerados por computador são potente ferramenta política em seu poder de influenciar, por serem ferramentas objetivas e não tendenciosas nas mãos de técnicos especialistas. A linguagem técnica que cerca o preparo, uso e avaliação

dos dados computadorizados, tende a ser neutra, sem expressar nenhum valor particular ou tendência política. Porém a manipulação dos dados efetivamente pode esconder escolhas políticas sob análises técnicas mistificadoras. Por esse motivo é importante coordenar o processo de integração de tal forma que durante a transição não haja comprometimento da operação organizacional.

Durante o processo de implementação de um projeto SIG é necessário estarem bem explícitos, os objetivos e filosofia da própria organização, esclarecendo melhor a estrutura do SIG. Uma maneira eficaz é apresentar seus módulos constituintes, as relações entre os mesmos para demonstrar a contribuição que se espera de cada membro da efetiva equipe na implementação do sistema.

Aronoff (1989) considera que um SIG fornece os meios através dos quais a informação geográfica pode ser usada para grande variedade de aplicações, por usuários com ampla diversidade de habilidades. O autor aponta seis fases para o processo de implementação de um SIG:

1.Conscientização: as pessoas dentro da organização se tornam cientes da tecnologia SIG e dos benefícios potenciais para sua organização. Os usuários potenciais e os usuários do SIG são postulados;

2.Desenvolvimento dos requisitos do sistema: a idéia que um SIG pode beneficiar a organização é formalmente reconhecida e é instituído um processo mais sistemático e formal para coletar informações sobre a tecnologia e para identificar usuários potenciais e suas necessidades.

3.Avaliação do sistema: sistemas alternativos são propostos e avaliados. O processo de avaliação leva em conta a análise das necessidades da fase anterior. No final desta fase deve ser tomado decisão formal a respeito de prosseguir ou não com a aquisição do SIG.

4.Desenvolvimento de um plano de implementação: tomada a decisão de prosseguir com a aquisição de um sistema é desenvolvido um plano

para adquirir equipamento necessário e contratar pessoal, fazer mudanças organizacionais e financiar o processo

5.Aquisição do sistema e inicialização: o sistema é adquirido e instalado, o pessoal treinado, a criação da base de dados iniciada e os procedimentos de operação começam a ser estabelecidos.

6.Fase operacional: até este estágio a automação inicial da base de dados está completa e os procedimentos de operação foram desenvolvidos para mantê-la e prover os serviços de informações que a organização requer. Nesta fase são desenvolvidos procedimentos para manter a estrutura SIG e os serviços de melhoria do hardware e software, tal que o SIG continue a dar suporte às necessidades de informação – que estão em constante mudança - da organização. Entretanto como investimento, a base de dados, com o passar do tempo, torna-se mais valiosa, enquanto que o hardware e o software se depreciam.

De acordo com Câmara et al (1996), o processo de implantação de um SIG divide-se em três grandes fases: modelagem do mundo real, criação do banco de dados geográficos e operação propriamente dita.

Modelagem do mundo real: consiste em selecionar fenômenos e entidades de interesse, abstraindo-os e generalizando-os. A modelagem do mundo real engloba a modelagem de processos e a de dados.

Modelagem de Processos: modelagem matemática que descreve operações que envolvem a representação e manipulação de dados, incluída a simulação de fenômenos naturais.

Modelagem de Dados: refere-se ao processo de abstrair os fenômenos do mundo real para criar a organização lógica do banco de dados.

Um modelo de dados fornece ferramentas formais para descrever a organização lógica de um banco de dados, bem como define as operações permitidas de manipulação de dados. No caso de aplicações geográficas, as técnicas tradicionais de modelagem devem ser estendidas para incluir questões específicas de dados geográficos.

Criação do banco de dados geográficos: o banco de dados geográficos é um repositório de informações coletada empiricamente sobre os fenômenos do mundo real.

Operação: refere-se tanto ao próprio uso do SIG, quanto ao desenvolvimento de aplicações específicas por parte dos usuários, a partir dos dados armazenados, reconstruindo visões da realidade.

Na implementação de um SIG, é importante realizar um questionário sobre utilização de mapas, preenchidos pela seção responsável por cada função, para verificar que mapas são usados, a frequência de uso, porque são usadas e para qual função, quais informações contidas neles são importantes, qual a frequência de atualização e quanto tempo é gasto em seu uso e em sua atualização deles. Essas informações que ajudam a verificar e identificar problemas existentes nos mapas, facilitam a geração de novos mapas e melhorias nos existentes. A criação de um quadro de referência cruzada possibilita a criação da referência cruzada do uso de mapas.

Entrevistas com diversos usuários podem fornecer informações preciosas para determinar como o SIG deve ser implementado e integrado aos sistemas existentes. Se o sistema atual apresentar muitos problemas, talvez seja melhor refazê-lo no SIG. Podem ser programadas transações entre o sistema atual e o SIG de tal forma a lhe proporcionar acesso às informações necessárias no sistema alfanumérico já existente. Arquivos completos ou resumidos também podem ser transferidos para o SIG. Da mesma maneira informações do SIG podem ser transferidas para sistemas alfanuméricos.

Para obtenção de apoio dentro da organização pode-se demonstrar que os benefícios do uso do sistema serão maiores que os custos envolvidos na implementação e no suporte do sistema no decorrer do tempo. Isto pode ser feito através do processo da análise de custos/benefícios. Se os benefícios forem bastante superiores aos custos, os administradores não terão dificuldade em autorizar a implementação do projeto. Alguns poderão achar que o tempo estimado é longo demais,

outros que um projeto de tal porte não será completado sem aporte adicional de recursos. Nestes casos, pela equipe do SIG, pode tomar outras medidas para tentar justificar o projeto.

Geralmente a principal fonte de custo (45 a 80% do total do projeto) é a formação da base de dados através da conversão de mapas existentes ou na criação de mapas. O custo de formação da base certamente vai superar o valor a ser gasto com hardware e software que, embora com custos decrescentes, estão longe poderem ser considerados baratos. O custo com pessoal especializado, tanto na fase de implantação como na posterior manutenção e desenvolvimento dos sistemas são estimados em 10 a 15% do total do projeto.

Os benefícios proporcionados pelo sistema estão diretamente relacionados às funções identificadas no plano de longo prazo, sendo principalmente:

1º Diminuição nos custos operacionais da organização, causada principalmente pelo ganho de tempo do pessoal operacional no desenvolvimento mais eficientemente de suas tarefas.

2º Engenheiros e desenhistas mais fácil e rapidamente vão poder atualizar os mapas, ao invés de, manualmente, alterar mapas em várias escalas.

3º Os administradores contarão com relatórios e análises mais rápidas e precisas. Tarefas "geográficas" antes feitas manualmente, serão automatizadas.

4º Supressão de despesas: prevenção de aumento de custos futuros, que seria causado pelo aumento da carga de trabalho.

5º Aumento de recursos através da venda de informações, como dados e mapas, ainda que isto não esteja entre os seus objetivos finais. No caso de governos, o aumento da arrecadação é outra justificativa.

O prazo para retorno do investimento é a razão entre o total a ser gasto na implementação do projeto dividido pelo valor dos benefícios em um ano, obtendo-se o número de anos necessário para recuperar o

investimento. Pode-se também comparar custos de manutenção da organização com e sem a implantação do SIG.

A elaboração de um projeto piloto auxilia na aprovação do projeto pois, muitas vezes, a decisão é política. Atualmente, o SIG é cada vez mais usado, prova que funciona bem, é realmente necessário.

Vários objetivos devem ser alcançados no projeto piloto. Algumas das principais aplicações devem ser testadas, ao menos em parte, para verificar se vão funcionar como esperado. A conversão de dados mais completos para uma pequena área irá dar uma idéia mais precisa dos custos dessa etapa, refinando a planilha de custos/benefícios: A melhor maneira de calcular esta relação é executar a tarefa.

O projeto piloto deve mostrar aos usuários aquilo que o SIG pode ajudá-los; é preciso verificar a sua aceitação. Se os usuários não aceitarem bem o sistema, devem ser feitas correções no plano para atendê-los.

Durante a fase de definição do piloto é importante estabelecer etapas intermediárias de testes, os quais inclusive poderão alterar metas e definir novas avaliações do projeto piloto.

O objetivo da implantação de um SIG, longe de criar dificuldades, é obter melhor produtividade e desempenho na execução das tarefas e funções da organização; se isto não acontecer, o planejamento está incorreto, o software testado não atende às especificações, ou o projeto piloto foi mal conduzido.

Para implementar e administrar o sistema é necessário dar início à formação da base geográfica de dados, montar a equipe de trabalho e estrutura de suporte que irão garantir a implantação bem sucedida e a manutenção do sistema em operação em longo prazo.

Os recursos humanos, que serão responsáveis por implementar e operar o sistema, deverão ter características técnicas de comunicação, motivação e dedicação, criatividade e disposição para aceitar novos conceitos e desafio envolvido na implantação do SIG, caso contrário

certamente vão levar o projeto ao fracasso, porque não há tempo e dinheiro suficientes para superar essas deficiências.

De maneira geral, os recursos humanos mais exigidos para implementação e manutenção de um SIG são um gerente, um analista, um administrador de sistema, um programador de produção, um administrador de dados, um cartógrafo, um digitalizador e os usuários finais.

O gerente deve entender como o SIG funciona e de que maneira vai influenciar os departamentos da organização. Cabe a ele comunicar-se com os outros gerentes da organização para assegurar o sucesso do SIG. Sua função é organizar o pessoal envolvido e, depois de implementado, organizar o sistema. Durante a fase de estudos ele será responsável pela parte de marketing e educação sobre o papel do SIG na organização.

O analista, além do conhecimento técnico de SIG, deve entrevistar usuários em potencial, fazer projeto das aplicações, garantir que sejam implantadas de acordo com o especificado e treinar os usuários em seu uso; resolvendo os problemas dos usuários e satisfazendo sua demanda de informações.

O administrador do sistema precisa assegurar que tanto o hardware como o software sejam mantidos em correta o funcionando. Cabe a ele backups e atualizações do software. Ele deve conhecer também a tecnologia de redes de computador e gerenciar os arquivos espalhados pela rede.

O programador de produção traduz em programas as especificações preparadas pelo analista de SIG. Esses programas executam funções específicas necessárias aos usuários do SIG. O programador também precisa conhecer todas as possibilidades do software e do hardware e saber utilizá-lo para produzir produtos específicos necessários ao usuário.

O administrador de dados é responsável pelo projeto lógico dos bancos de dados de acordo com as necessidades de armazenamento

físico, de acordo com o software de banco de dados. Por exemplo, ele auxilia os analistas, programadores e usuários a organizar os dados em *layers*, identificar as fontes de dados etc.

O cartógrafo deve projetar mapas que sejam claros, de fácil entendimento, e que mostrem o que foi desejado pelo usuário. Ele ajuda também no projeto dos símbolos cartográficos e estabelece padrões para impressão de mapas a serem distribuídos.

O digitalizador deve fazer a conversão dos mapas de papel para a forma digital, sem alterar a qualidade dos dados.

Os usuários são as pessoas que usam o SIG para satisfazer as demandas de informações das funções da organização. Eles fazem o sistema produzir benefícios que dele são esperados desde a fase de projeto. Por isso é importante treinar os usuários finais a operar o sistema. É fundamental, também, envolver os usuários no projeto desde o início e mantê-los informados de seu progresso. Isto evita expectativas exageradas ou falsas e minimiza a insegurança associada à implantação de nova tecnologia no trabalho. Manter a continuidade da equipe de SIG ajuda a manter dentro da organização o conhecimento adquirido nesse difícil processo.

Nem sempre é possível contratar todos os profissionais necessários, e os melhores profissionais geralmente são aqueles que já conhecem o trabalho, até então não automatizado.

É importante haver um treinamento, especificando formalmente todo o treinamento a que o pessoal estará sujeito de acordo com suas qualificações e funções, de modo a não causar insegurança e medo. Para apressar este processo podem ser contratados alguns profissionais já experientes para a equipe ou contar com a ajuda de consultores.

Apresentar revistas e publicações que tratem de SIG, principalmente artigos que mostrem aplicações e resultados positivos obtidos com esse sistema são fatos que servem para incentivar os envolvidos a auxiliar mais ainda na implementação e manutenção do sistema.

Na implementação de um SIG, cada etapa envolve um processo estruturado e consistente com um plano de longa duração, envolvendo diferentes recursos e verbas disponíveis. No entanto, estes processos variam em sua complexidade, dependendo do porte do sistema a ser implantado. Para atender os diversos usuários, processar e produzir mapas com qualidade de engenharia e, ainda, conter uma complexa estrutura de dados com informações colhidas de diferentes fontes, algumas questões:

1º Obter apoio dentro da organização. Convencer os responsáveis que o SIG, em longo prazo, lhe trará economia, preparando um estudo de custo/benefício para determinar esse valor econômico.

2º Avaliação das necessidades de informações geográficas: Determinar quais informações geográficas são necessárias para atingir os objetivos.

3º Administração de projeto: Converter e criar mapas e dados atuais em informações digitais e fornecer suporte e recursos para obtenção dos resultados programados e expansão futura. Os SIGs exigem manutenção, gerenciamento e atualizações, mesmo depois de implantados.

Um plano de longo prazo possibilita avaliar a aplicabilidade do sistema aos planos estratégicos, possibilitando, assim, que os recursos necessários estejam disponíveis no momento em que forem necessários. Esse planejamento deve buscar os seguintes objetivos:

1º. Obtenção de apoio e financiamento ao projeto, caso contrário é impossível implementar um projeto dessa magnitude.

2º. Identificação de aplicações potenciais, assegurando que nenhuma oportunidade de aumento de produtividade e eficiência será perdida.

3º. Priorização das aplicações. É possível priorizar e programar as implementações das aplicações da mais benéfica maneira para a organização, evitando a possibilidade de, no futuro, implementações ou

outras atividades ficarem paradas à espera de outras das quais são dependentes que não foram realizadas por falta de organização.

4º. Obtenção do maior número de benefícios comuns a toda a organização. O plano de longo prazo deve identificar as oportunidades de compartilhamento de informações que, sem o SIG, não eram conhecidas ou eram impossíveis de serem realizadas. Funções separadas que anteriormente não compartilhavam informações, podem ser melhoradas através da integração de dados geográficos, assegurando que os interesses da organização vão estar acima dos interesses de departamentos impedindo o fracasso do SIG.

5º. Identificação clara e precisa dos recursos necessários, evitando que os custos ultrapassem as previsões que diminuam a credibilidade do projeto e de seus técnicos. Um plano que é honesto e objetivo na projeção de custos previne, surpresas posteriores que poderiam impedir a completa implementação do SIG.

O planejamento primeiramente deve tentar definir funções e outros fatores que são importantes para a organização e só então desenvolver estratégias apropriadas para desenvolvimento dos sistemas que serão mais benéficos para o desempenho dessas funções. Este processo assegura que a tecnologia será aplicada às mais importantes funções, tendo, desta forma, grande impacto no modo de trabalho da organização e em sua eficiência.

Como a implementação do SIG visa atender os diversos tipos de usuários, todas as funções que contribuem para obtenção dos objetivos devem ser revistas para determinar-se como ele pode ser usado para melhorar seu próprio desempenho. Todas as funções que tenham componentes geográficos devem ser detalhadamente analisadas nesta etapa. As melhores fontes de idéias para uso de SIG na organização são do grupo de pessoas que vai usar o sistema quando implantado.

No projeto dos bancos de dados é importante definir quais atributos dos objetos identificados, pois eles descrevem os objetos dando-lhes identidade.

O profundo estudo da utilização de mapas na organização auxiliará na criação de novos mapas e das fontes de informações geográficas. É importante entrevistar pessoas que, em seu serviço, usam esses mapas e informações, especialmente para com uso das informações geográficas, levantar problemas existentes - não apenas para determinar os benefícios do SIG mas, também, para ajudar no projeto de aplicações.

3.7 SIG APLICADO EM CAMPUS UNIVERSITÁRIO

Em pesquisa bibliográfica na rede WWW, foram consultados vários "SIGs" de universidades do Brasil e do exterior. Alguns dos sites que mais chamaram a atenção, mesmo não se tratando de SIGs propriamente ditos, estão listados:

Endereço de acesso: <http://my.brandeis.edu/map/>

Data do último acesso: 20/01/2003

Figura 3.2.: Site da Brandeis University

Este site da *Brandeis University* chamou a atenção por trazer seu "mapa" em perspectiva. Possui certa interatividade com o usuário, mas restrita a opções previamente definidas, como por exemplo, "como chegar".

Endereço de acesso: <http://www2.prudente.unesp.br/siguear/layers/>

Data do último acesso: 03/02/2003

Figura 3.3.: Site do SIGUEAR da UNESP de Presidente Prudente.

Esta é uma proposta de SIG em ambiente de rede, não baseada em softwares específicos, desenvolvido por José Hamilton Azenha Pereira em sua Dissertação de Mestrado apresentada à UNESP de Presidente Prudente. Ela apresenta certa interatividade com o usuário da rede WWW, porém suas ferramentas específicas ficam restritas à sua Intranet, com acesso restrito em vários níveis. Neste site, por exemplo, alunos podem reservar equipamentos.

Endereço de acesso: <http://www.scit.wlv.ac.uk/ukinfo/>

Data do último acesso: 20/01/2003

Figura 3.4.: Site da University of Wolverhampton.

Esse site da *University of Wolverhampton*, no Reino Unido (UK) fornece mapas da universidade de forma estática, isto é, são *layers* que apenas se sobrepõem quando são acionadas algumas opções previamente definidas. Trata-se de um Desktop Mapping e não possui nenhuma forma de análise espacial e sua interatividade com o usuário é limitada.

Endereço de acesso: http://www.uiuc.edu/navigation/maps/where_uiuc.html
 Data do último acesso: 20/01/2003

Figura 3.5.: Site da University of Illinois

Este site da Universidade de Illinois, EUA, permite interatividade no sentido de localização e buscas georeferenciadas, além de detalhamento e fotos dos prédios e do campus.

CAPÍTULO IV - PROPOSTA DE SIG PARA UM CAMPUS UNIVERSITÁRIO

INTRODUÇÃO

DESCRIÇÃO DOS TRABALHOS PRELIMINARES

METODOLOGIA - DESCRIÇÃO DO PROJETO DO SIG

BASE DE DADOS

4.1 INTRODUÇÃO

A proposta de um projeto de SIG requer estudo preliminar para não se incorrer no erro de propor um projeto de envergadura excessivamente abrangente. Esta afirmação é decorrente de experiências vivenciadas por alguns órgãos públicos que não conseguiram implantar ou manter um SIG em funcionamento.

Nesta proposta o projeto piloto foi minimizado para permitir uma finalização, limitando-se somente à questão de ocupação do Campus pelos alunos nas salas de aula. Desta forma não foram introduzidas informações espaciais das demais atividades desenvolvidas em uma Universidade.

4.2 DESCRIÇÃO DOS TRABALHOS PRELIMINARES

Com o intuito de evitar problemas de georeferenciamento, como os ocorridos no Campus I, no Campus II foram realizados levantamentos parciais com o sistema GPS e verificação da base cartográfica adquirida pela prefeitura da USP-São Carlos da firma Base Aerofotogrametria e Projetos S.A.

O material entregue pela firma está na forma de um documento AutoCAD com nome "base_topografica.dwg" e apresenta as seguintes características: foi obtida de um levantamento aerofotogramétrico na escala 1:5000 no Elipsóide SAD-69 com amarração do vértice de origem em Valinhos (USP) e origem altimétrica no RN2903G (IBGE) e está no sistema de projeção topográfico local projetado a Ht=850m, sendo que os pontos e linhas que a compõem possuem coordenadas X,Y e Z, isto é, estão em 3 dimensões. A planta apresenta coordenadas topográficas com números usados nas projeções UTM. Esta prática é inconveniente e que pode gerar dúvidas para o usuário.

Com o objetivo de verificar a qualidade do produto entregue pela empresa, foram realizados levantamentos parciais por meio do GPS e com uma Estação Total nos marcos de concreto (M-01 e M-02),

implantados pela empresa como pontos de controle para a restituição das fotos. A determinação das coordenadas desses marcos foi obtida com um receptor GPS topográfico L1, pelo método estático, por período de rastreio médio de 90 minutos; com uma taxa de coleta de 10 s; ângulo de corte de 15°. O software usado no processamento dos dados foi o *Ski-Pro*. A precisão da Estação Total usada é de 10" na angular e 5 mm $\pm$ 5 ppm na distância.

No dia da medição o marco M-02 encontrava-se parcialmente destruído porém, como o objetivo da medição era verificar apenas a ocorrência de "erros grosseiros", estimou-se um ponto de cuidadosamente para prosseguir nas medições.

Oteve-se como resultado uma distância de 969,104m e desnível de 4,133m entre os marcos. As coordenadas obtidas para estes marcos estão na Tabela 1:

Tabela 4.1: Coordenadas dos marcos no Campus 2

Marco	Sistema de referência WGS-84				
	Coordenadas Geodésicas			Coordenadas UTM	
	Latitude	Longitude	Altura Elipsoidal	Norte	Este
M-01	-22,00184548	-47,5552967	834,096	75637012.844	197335.765
M-02	-21,59482657	-47,5543315	838,303	7564637.233	197594.958

	Sistema de referência SAD-69				
	Coordenadas Geodésicas			Coordenadas UTM	
	Latitude	Longitude	Altura Elipsoidal	Norte	Este
M-01	-22,00167218	-47,55513384	841,294	7563748,657	197380,385
M-02	-21,59465328	-47,55416866	845,511	7564683,044	197639,578

	Sistema de referência – Plano Topográfico		
	Cota	Norte	Este
M-01	841,294	7563754,343	197362,697
M-02	845,511	7564683,044	197639,577

Todas as transformações de coordenadas e mudanças de datum foram obtidas através do software Posição. Processadas as coordenadas e colocadas no mesmo sistema, pode-se comparar os resultados obtidos do levantamento de campo com os resultados da planta fornecida.

A Estação Total usada não possui memória, assim os dados foram anotados em caderneta. A média aritmética de quatro medidas seguidas obtidas foi 969,095m para distância e 4,30m para o desnível.

A medição da distância entre esses marcos, na planta da prefeitura do campus, foi realizada através do comando DIST do AutoCad:

Command: di

DIST Specify first point: Specify second point:

Distance = 969.089, Angle in XY Plane = 253.3985, Angle from XY Plane = 359.7493

Delta X = -276.879, Delta Y = -928.684, **Delta Z = -4.240**

As coordenadas obtidas para os marcos foram obtidas pelo comando LIST do AutoCad:

Marco M-01:

Command: li

LIST

Select objects: 1 found

Select objects:

BLOCK REFERENCE Layer: "APOIO_RN"

Space: Model space

Handle = 2EEE

"COD011"

at point, **X=197362.7260 Y=7563754.4100 Z= 840.1900**

X scale factor 1.0000

Y scale factor 1.0000

rotation angle 0

Z scale factor 1.0000

Marco M-02:

Command: li

LIST

Select objects: 1 found

Select objects:

BLOCK REFERENCE Layer: "APOIO_RN"

Space: Model space

Handle = 2EED

"COD011"

at point, **X=197639.6050 Y=7564683.0940 Z= 844.4300**

X scale factor 1.0000

Y scale factor 1.0000

rotation angle 0

Z scale factor 1.0000

Após as medições dos marcos, foi realizada análise de dados constantes nas demais regiões da planta para verificar se estavam dentro do valor esperado.

A região próxima ao marco M-02, segundo a prefeitura do campus, será a primeira a ser urbanizada, por isso as medições foram iniciadas nessa região com utilização da Estação Total.

O procedimento adotado foi o seguinte.

Instalação da Estação Total no marco M-02, azimute zerado no ponto M-01 e, pelo método da irradiação, foram levantados 18 pontos identificáveis, tanto no mapa como no local, com lances variando de 20 a 160 metros. Este procedimento envolveu 3 pessoas, uma para as visadas, outra para anotar as medidas e uma terceira para levar o prisma aos locais escolhidos. O uso do intercomunicador se fez necessário. Esta região envolve os limites do campus com área urbana facilitando a identificação dos pontos e a locomoção entre os mesmos. Este procedimento durou cerca de 2 horas.

Simultaneamente, após cada medida, foi anotada a diferença entre a distância eletrônica e a distância extraída da planta, desenhada na escala 1:5000, mediante um escalímetro.

Assim, as diferenças obtidas sempre ficaram abaixo de 3 metros, perfeitamente aceitáveis quando se extrai distâncias de uma planta de escala 1:5000, comprovando que a planta fornecida está consistente. Porém, como esta escala é insuficiente para atender às necessidades do projeto proposto será necessário um levantamento topográfico mais amplo e acurado para sua implantação e urbanização.

A Prefeitura do Campus optou, então, por fazer esse levantamento através de uma empresa privada. Essa empresa solicitou a realização da medição dos marcos M-01 e M-02 com GPS, a fim de obter suas coordenadas para georeferenciar o levantamento.

Com os dados, a firma constatou discrepância entre as cotas dos marcos obtidos com o GPS e a Estação Total da empresa. Fez-se necessária nova verificação para esclarecimento. Marcou-se uma data

para repetir as medições desses marcos com o GPS e uma nova Estação Total da empresa. No campo constatou-se que o problema havia sido de leitura na primeira Estação Total. As medições realizadas com o segundo aparelho da empresa aproximaram-se muito das medições obtidas com o GPS e da Estação Total da USP. Esse fato não causou grandes problemas no levantamento da empresa, pois o marco com cota discrepante foi usado somente como auxiliar nas demais medições.

Nota: esses marcos (M-01 e M-02) são a base de todo o levantamento do Campus II, motivo de todo esse cuidado para garantir a qualidade de seu posicionamento.

Durante o transcorrer deste trabalho, o marco M-01 foi quebrado e refeito pela prefeitura do Campus. Realizou-se mais um levantamento de campo de modo a determinar, com boa precisão, suas novas coordenadas. Dentro do Campus I existem marcos com cotas trazidas pelo método geométrico de um ponto da rede do IBGE e, a partir de um desses pontos, foi instalado um receptor GPS e, simultaneamente, instalaram-se receptores GPS nos marcos M-01 e M-02, de modo a determinar suas altitudes.

Com esses dados gerou-se o arquivo oficial para execução dos projetos com o nome de "CAMPUS 2 OFICIAL Coordenadas Topográficas.dwg". Esse arquivo é apresentado em coordenadas tridimensionais; mas como essa prática não é comum em projeto, planificou-se o arquivo de modo a apresentar os dados em planta com as respectivas curvas de nível, gerando-se o arquivo final CAMPUS 2 OFICIAL Coordenadas Topográficas Planificado.dwg, que passou a ser usado para se fazer todo o planejamento do Campus II.

Para um bom funcionamento de um SIG, não basta que plantas e cartas estejam bem acuradas; é necessário, também, organizar o banco de dados de maneira que o SIG, a partir desses elementos, possa gerar a informação desejada. Assim para se verificar as dificuldades na obtenção e manipulação dos dados necessários para elaboração do banco de dados, foi feito um simplificado exemplo de SIG. Como o objetivo deste

trabalho não é montar um SIG para o Campus II e sim elaborar uma proposta de modelo de SIG para ele, este exemplo foi montado com dados do Campus I da USP São Carlos a fim de ilustrar como poderia ser seu funcionamento.

Foi realizado um serviço de coleta dos dados junto aos institutos e a Prefeitura do Campus. O objetivo foi adquirir dois conjuntos de dados: um conjunto para serem aplicados no exemplo do SIG e o segundo para criação da Base de Dados abordado no item 4.4.

A coleta dos dados a serem utilizados na elaboração do exemplo foi bastante facilitada, pois a Prefeitura do Campus gentilmente cedeu todas as plantas que dispunha, atualizadas e em formato “.dwg” do AutoCad, todas dentro do mesmo padrão. Essas plantas foram suficientes para a execução daquele trabalho. O fato da prefeitura já trabalhar com as plantas e desenhos no mesmo padrão também facilitou a manipulação desses dados.

As outras informações necessárias para a montagem do exemplo em questão, foram obtidas junto à seção de graduação da EESC, responsável pela elaboração dos horários das aulas dos cursos de engenharias. O responsável pelo setor, gentilmente, passou todos os dados necessários que estavam em formato “.doc” do Word.

Para a elaboração da Base de Dados acima citada, contamos novamente com a Prefeitura do Campus que disponibilizou todo material que necessitávamos e que eles dispunham. Estes dados estavam em formato “.xls” do Excel

4.3 METODOLOGIA - DESCRIÇÃO DO PROJETO DO SIG

Dentre os muitos softwares existentes no mercado e normalmente utilizados para confecção de um SIG, para a elaboração do exemplo optou-se pelo Arc View versão 3.2 da ESRI, licenciada para a EESC. Esse programa foi o escolhido por usar bancos de dados relacionais, possuir rotinas voltadas a gerenciamento e por seu módulo básico possuir vários recursos de análise. Ele possui, também, uma interface gráfica que permite armazenamento, análise e manipulação de dados espaciais e tabulares, além de exibir informações na forma de mapas, tabelas e gráficos. Além disso, o ArcView é um programa de geoprocessamento no qual podem ser criados mapas inteligentes e dinâmicos utilizando-se dados das plataformas computacionais mais populares, como os formatos **.dxf*, **.dwg*, **.tiff*, **.jpeg*, **.wmf*, etc.

Para o georeferenciamento de imagens (não utilizado no exemplo) este software necessita de pelo menos 6 pontos de controle pois ele usa transformações afins cuja determinação necessita seis parâmetros obtidos pela compatibilização geográfica desses pontos. As transformações afins são obtidas pelas composições de translações, rotação, fatores de escalas e um ângulo devido à não ortogonalidade entre os eixos dos sistemas de coordenadas envolvidos.

Na implementação de um SIG deve-se ter bem claro quais objetivos e quais tipos de informações se deseja extrair. Optou-se então por implementar um exemplo ilustrativo de um modelo simplificado de SIG que auxiliasse na tomada de decisões na hora de elaborar as distribuições das disciplinas nas salas de aula. Nele teremos como dados de entrada a planta do campus, as plantas dos blocos com as salas de aula, uma tabela com os horários das disciplinas e dados sobre as salas de aulas. Julgou-se que estes itens são suficientes para ilustrar o que queremos mostrar com esta investigação. Cabe ressaltar que não foram verificadas as qualidades dos dados utilizados com os mesmos critérios

das usadas no Campus II, como por exemplo, a exatidão dos dados constantes da planta adquirida na prefeitura.

O funcionamento desse software é baseado na manipulação dos dados organizados em projetos. Cada projeto pode ser composto por vários documentos que se inter-relacionam, por exemplo, um mapa e uma tabela. Sua visualização (View) é um tipo de documento que mostra a distribuição dos dados geográficos, composto por mapa e legenda. Nessa legenda é possível ligar e desligar os vários temas que se sobrepõem na tela. Um tema é composto de entidades que podem estar vinculadas a atributos que a caracterizam. Esses atributos estão dispostos em tabelas formadas por linhas que representam uma entidade singular, e colunas, que representam um atributo desta entidade. As entidades e seus atributos estão interligados, podendo-se acessar uma entidade a partir de seus atributos ou acessar seus atributos a partir da entidade representada no mapa.

O primeiro passo na montagem do exemplo foi organizar os *layers* dos arquivos ".dwg" no AutoCad, para facilitar seu manuseio e sua exportação para o ArcView. Com *layers* devidamente organizados, iniciou-se o processo de importação dos arquivos. No ArcView deve-se antes habilitar a leitura de extensão do tipo ".dwg" para que esses arquivos possam ser inseridos no View. A primeira planta inserida foi a planta geral do Campus I. Logo após sua importação transformou-se esse arquivo em uma estrutura própria do software, um arquivo Shapefile (*.shp). O Shapefile é o formato do ArcView que armazena dados espaciais e atributos (características) para um conjunto de feições geográficas. A geometria armazenada inclui um conjunto de coordenadas vetoriais (pontos, linhas e polígonos), dependendo do desenho que lhe deu origem. Depois se inseriu uma planta contendo apenas os blocos, que também foram transformados em "shp".

A partir das tabelas de horários das aulas no formato ".doc" gerou-se uma planilha no Excel contendo os dados organizados de maneira a poder exportá-los no formato ".dbf". No Excel também foram criadas as

tabelas de dados dos blocos, exportado-as também para o mesmo formato. Porém, quando exportada do Excel para o formato ".dbf" foram perdidas muitas linhas da primeira tabela gerada. Assim essa tabela foi exportada para a extensão texto ".txt". No ArcView elas foram adicionadas através do "*add table*", escolhendo-se suas respectivas extensões.

Com tabelas e plantas dentro do ArcView iniciou-se o processo de montagem do SIG. O próximo passo foi executar a "lincagem" das tabelas. Esse procedimento foi feito para associar dados da tabela de origem à outra tabela de destino já vinculada às entidades gráficas do *shape*. De início abriram-se as duas tabelas e tornou-se ativa a tabela de origem - a tabela Salasblocos.dbf - e selecionou-se a coluna que servirá de base para a "lincagem", a coluna "blocos". Na segunda tabela selecionou-se (attributes of blocos.shp - que é gerada pelo próprio software e que já é ligada à entidade de desenho em questão) a mesma coluna e acionou-se a "lincagem". Repetiu-se o procedimento, agora com o arquivo disciplinas.txt como origem e tabela Salasblocos.dbf como destino, e a coluna número da sala como ligação. Assim, os dados das tabelas foram associados aos seus respectivos elementos gráficos. Para tornar o exemplo mais ilustrativo, foram tiradas fotos das salas de aula, dos blocos e "lincadas" pelo comando Hot Link. Com isso foi possível visualizar fotos dos blocos e das salas, tornando a base de dados mais completa. Com o exemplo implementado, é possível usar as ferramentas que o ArcView disponibiliza para as análises espaciais desejadas.

Independente do software escolhido para implementação de um SIG, na conversão dos dados deve-se analisar quais finalidades e usos de informações se pretende obter com a implementação do SIG. Para este projeto a finalidade do sistema seria atender as áreas de serviços, pessoais e de implantação/manutenção. As principais aplicações suportadas seriam o uso de uma Intranet, com acesso restrito em diversos níveis e disponibilizar na Internet alguns dados e rotinas que podem ser de domínio público. Os usuários iniciais seriam a equipe de projeto do Campus II que, em entrevista realizada, optaram por um

sistema, inicialmente simples, para fazer simulações e projeções das áreas que seriam edificadas. Em uma segunda fase, os usuários seriam a prefeitura do novo campus, os departamentos, alunos, professores, funcionários e qualquer interessado em usar os dados e informações disponibilizadas.

Todos os dados e informações devem ser obtidos na prefeitura do campus; dados e informações mais críticos devem ser verificados pela equipe de implantação do SIG antes de ser colocado no banco de dados, para evitar erros e fazer o sistema perder confiabilidade.

4.4 BASE DE DADOS

É proposta deste trabalho e um objetivo complementar, implantar uma base de dados de interesse público contendo informações relativas à ocupação do espaço físico e uso de recursos, que poderão ser úteis aos setores administrativos e de planejamento do Campus II, para auxiliar nas tomadas de decisão no seu desenvolvimento. Esses indicadores, no geral, como variável de referência usarão o número de alunos, isto é, este número será o denominador para o cálculo de quase todos os coeficientes calculados. No caso de coeficientes mais gerais como, por exemplo, a comparação entre as várias prefeituras de diferentes campi, o coeficiente que se deve ser calculado é dado pela razão: área da prefeitura do campus dividida pela população total do campus, e não apenas alunos. No exemplo usaremos uma tabela Excel para exemplificar a utilização dessa base de dados, pois os dados obtidos não foram referenciados a priori no SIG, mas em uma situação real é possível embutir esses dados em um SIG obtendo-se resultados muito mais completos.

Para a elaboração do banco de dados foram obtidas, na prefeitura do campus, as planilhas de levantamento das áreas físicas do campus de 1998 até agosto de 2002 (dados que a prefeitura dispunha na época).

A atualização dos dados da população do Campus I da USP São Carlos, feita pela Rádio-USP, é realizada através da substituição dos dados mais recentes em uma mesma tabela. Esse procedimento impossibilita o resgate da evolução histórica destes dados através da Rádio-USP. É possível porém resgatá-los consultando os arquivos dos vários Institutos.

Com a elaboração deste banco de dados podemos notar que o ICMC é o instituto que possui menor área por aluno, enquanto que o IFSC possui a maior área por aluno. O ICMC também possui mais docentes por aluno, porém menos funcionários por aluno, enquanto que o IFSC é o que apresenta maior número de funcionário/aluno.

Tabela 4.2: Banco de Dados

UNIDADE	DOCENTE	FUNCIONÁRIO	ALUNOS						TOTAL	Coef. Parciais	Coef. Parciais
	Ativo	Ativo	Graduação	Mestrado	Doutorado	Especial	Pós Dout.	Total Alunos		Docentes	Funcionários
EESC	201	326	1.172	596	455	268	4	2.495	3.022	0,081	0,131
ICMC	77	65	528	175	89	0	7	799	941	0,096	0,081
IFSC	55	150	408	47	109	22	34	620	825	0,089	0,242
IQSC	42	95	188	143	138	33	8	510	647	0,082	0,186
CISC	0	17	0	0	0	0	0	0	17	0,000	0,000
CDCC	0	30	0	0	0	0	0	0	30	0,000	0,000
PCASC	0	219	0	0	0	0	0	0	219	0,000	0,000
Inter-Bio	0	0	0	42	0	0	0	42	42	0,000	0,000
Inter-IFSC	0	0	0	73	74	15	0	162	162	0,000	0,000
Total 1			2.296	1.076	865	338	53	4628	5.905		
Total 2	375	902	2.296	2.332							
Coef. Totais	0,081	0,195									

UNIDADE	Área Total	Coeficientes Parciais
	(m²)	(m²/aluno)
EESC	53448,35	21,422
ICMC	9608,54	12,026
IFSC	16961,92	27,358
IQSC	12957,25	25,406
CISC	1279,77	0,000
CDCC	2266,74	0,000
PCASC	18449,75	0,000
Total	114972,32	24,843
Conjunto Esportivo	22005,41	135,836
Área total do Campus	321457	69,459

CAPÍTULO V - PROJETO PILOTO

Neste capítulo o projeto piloto é apresentado por meio de fac-símile das telas que são apresentadas pelo programa durante sua execução.

Os resultados parciais obtidos da implementação do exemplo do SIG podem ser visualizados conforme as figuras:

Figura 5.1.: Início da montagem do exemplo do SIG.

Nesta figura podemos visualizar, na planta do Campus, os blocos de salas de aula. Selecionando um dos blocos, é possível saber quais disciplinas serão ali ministradas, em quais salas, com seus respectivos horários. A janela disciplinas.txt apresenta dados e informações como código da disciplina, nome da disciplina, turma e professor responsável. Para atualizar os dados em cada semestre, basta substituir o arquivo disciplinas.txt, lembrando-se da necessidade de fazer um histórico do mesmo. A janela salasblocs.dbf apresenta o nome das salas, seu número, seu bloco, tipo de carteiras, número de alunos que a sala comporta, pavimento em que está localizada e equipamentos disponíveis. Esses dados devem facilitar a distribuição das disciplinas nas salas de aula.

Figura 5.2.: Hot link do Bloco C de salas de aula com sua respectiva foto.

Esta figura mostra uma foto do Bloco C. Mantendo-se as fotos atualizadas facilitam-se muitas ações administrativas das edificações do Campus.

Figura 5.3: Hot link da sala 4137 do Bloco D com sua foto.

A figura mostra uma foto da sala de aula. Mantendo-se esta foto atualizada, através dela pode-se obter informações sobre suas condições gerais o que permite decidir mais facilmente entre várias ações administrativas a seu respeito.

CAPÍTULO VI - CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Com este projeto piloto, de fácil visualização e manuseio, nas áreas acadêmicas e administrativas do novo Campus, concluiu-se que é possível introduzir-se uma política mais moderna, minimizando-se uma série de perdas, esforços e duplicação de trabalhos que envolvem atividades espaciais, isto é, locação de edificações, serviços etc. Mesmo com o projeto piloto usando dados limitados por um tempo determinado com a proposta de apenas testar algumas das aplicações planejadas.

A partir do projeto piloto, foram adquiridos bons conhecimentos sobre o funcionamento do sistema e foi possível averiguar a potencialidade do SIG dentro da organização. Com relação à gestão de campus universitário, que envolve um grande número de outras atividades além das acadêmicas, tais como: serviços, administração, manutenção e implantação de novas instalações constatou-se que poderão ser melhor gerenciadas por meio do SIG, de uma forma semelhante à apresentada.

O trabalho mostrou que a implementação e manutenção do SIG apresenta um custo elevado na sua primeira fase, o que pode desencorajar ou mesmo decepcionar o administrador; dessa forma, deve ser visto como um investimento de longo prazo para retorno de benefícios. Dentro da implementação a principal fonte de gastos é a formação da base de dados.

No caso do Campus II da USP São Carlos que se encontra em fase de implantação, a sua base de dados já deveria ser implementada dentro de um padrão compatível com programas de SIG. Assim se o SIG for implantado simultaneamente ao desenvolvimento do Campus II, seu custo poderá ser reduzido.

Existe, hoje, no mercado vários softwares de SIG *frewares*, como o SPRING do INPE que podem ser usados sem agregar gastos ao projeto. A USP já possui profissionais capacitados para dar apoio em todas as áreas necessárias à implementação de SIG, como administradores, programadores, cartógrafos e analistas. Os demais envolvidos podem ser treinados na própria instituição, que oferece cursos relacionados à área.

O desenvolvimento e a implementação de um SIG envolve tanto a geração de processos e produtos, quanto possibilita a capacitação científica e tecnológica da equipe. Subjacente ao desenvolvimento e à implantação de

um SIG, reside uma filosofia e mesmo uma ideologia voltadas, ao mesmo tempo, à integração e ao compartilhamento de atribuições.

Sugestões para continuidade dos trabalhos:

Fazer um estudo mais detalhado dos softwares *freware* disponíveis no mercado, analisando sua real eficiência frente aos softwares *shawares*.

Organizar uma equipe formada por alunos de pós-graduação nos diversos setores ligados à implementação do SIG no Campus II e implantá-lo. Essa medida pode despertar o interesse de continuidade e manutenção do SIG na instituição, pela própria prefeitura.

CAPÍTULO VI - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, G. P. (2001). *Curso Básico de Arcview*. Vitória: Coordenadoria de Geomática, Centro Federal de Educação Tecnológica do Espírito Santo. (Apostila)

ANTENUCCI, J.C.; BROWN, K.; CROSWELL, P. L.; KEVANY, M. J.; ARCHER, H. (1991). *Geographic Information Systems – A Guide to the Technology*. Nova Iorque: Ed. Chapman & Hall.

ARONOFF, S. (1989). *Geographic Information Systems – A Management Perspective*. Ottawa, Canada: WDL Publications.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1994). NBR 13133: Execução de Levantamento topográfico – procedimento. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1998). NBR 14166, Rede de referência cadastral municipal – procedimento. Rio de Janeiro.

CÂMARA, G. (1995). *Modelos, Linguagens e Arquiteturas para Bancos de Dados Geográficos*. São José dos Campos, SP. Tese - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 1995.

CÂMARA, G. et al. (1996). Anatomia de Sistemas de Informações Geográficas. In: 10ª ESCOLA DE COMPUTAÇÃO UNICAMP, 1996, Campinas, SP.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S (1997). *Gis para Meio Ambiente*. Curitiba: Sagres Editora Ltda.

CÂMARA, G. (2002). *Anatomia de um SIG*. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/geopro/livros/anatomia.pdf>>. Acesso em: 05 nov. 2002.

DAVIS, C. A.; FONSECA, T. F. (2000). Fundamentos de Geoprocessamento. In: GIS BRASIL 97, COORDENADORIA DE ESTRADAS E AGRIMENSURA, CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DO ESPÍRITO SANTO, 2000, Vitória, ES,.

FOOTE, K.E., LYNCH, M. (2001). *Sistemas de Informação Geográfica como uma Tecnologia Integradora: Contexto, Conceitos e Definições*. Tradução Meneguette, A. et al. Disponível em:

<<http://www.prudente.unesp.br/dcartog/arlete/arlete.htm>> . Acesso em 05 nov. 2002.

Geographic Information Systems Course Notes. Páginas contendo notas de aula de curso sobre SIGs, Disponível em: <<http://arbuckle.utulsa.edu/rvw/gisnotes.html>>. Acesso em: 06 nov. 2002. ICA (International Cartographic Association) (1973). Multilingual dictionary of technical terms in cartography. Viesbaden: Franz Steiner Verlag.

KLEINER R. (2000). Atlas Digital Interativo Escolar: Modelagem, implementação e disponibilização via WWW. *Dissertação (mestrado)* – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista. Prudente, SP. 2000.

MENEGUETTE, A. A. C. (2001) Curso Virtual de Cartografia e SIG. Disponível em: <<http://www.prudente.unesp.br/cartosig/index.html>>. Acesso em: 02 ago. 2002

OLIVEIRA, D. P. R., (1996). *Sistema de Informações Gerenciais: estratégicas, táticas, operacionais*. 3.ed. São Paulo: Atlas.

Página do laboratório de pesquisa em GIS na U.C. Berkeley, contendo a descrição de projetos em andamento, diversos mapas e imagens e indicações de outros links. *Welcome to AEGIS*, Disponível em: <<http://www5.ced.berkeley.edu:8005/aegis/home>>. Acesso em: 07 ago. 2002.

Página da Internet contendo informações sobre SIG, Disponível em: <<http://www.silviconsultores.pt/silvinet/sig/sig.htm>>. Acesso em: 05 nov. 2002.

PEREIRA, J. H. A. (2000) *SIGUEAR: SIG de uso Específico em Ambiente de Rede*, *Dissertação (Mestrado)* - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente , SP, 2000.

Revista *GIS WORLD*. Disponível em: <<http://www.geoplace.com>>. Acesso em : 07 nov. 2002

Revista brasileira *Fator Gis*,. Disponível em: <<http://www.fatorgis.com.br>>. Acesso em: 05 ago. 2002.

ROBINSON, A. H. et. al. (1995). *Elements of Cartography*. 6.ed. Nova Iorque: John Wiley & Sons.

RODRIGUES, M. (1990). *Introdução ao geoprocessamento*. Anais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO I, São Paulo, 1990.

ROMA, W. N. L.; SOUZA, M. P. (2001). *Introdução aos Sistemas de Informação Geográfica (SIG)*. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos – Departamento de Hidráulica e Saneamento. (Apostila)

RÖHM, S. A.; SILVA, F. R. G. (1999) SIG Aplicado ao Planejamento Urbano, Anais, In: VIII CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE AGRIMENSURA, Criciúma- SC, 1999.

SCHUCH, H. C. (1997). *Planejamento e Gerenciamento de uma Implantação de GIS em Ambiente Genérico*. Curitiba: Sagres. (Apostila)

Seção do mecanismo de pesquisa Yahoo especializada em SIGs. Disponível em: <http://www.yahoo.com/Science/Geography/Geographic_Information_Systems__GIS_>. Acesso em: 07 ago. 2002.

SEGANTINE, P. C. L. (1997). *Curso de atualização em topografia e GPS (segundo a norma NBR 13.133)*. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. (Apostila não publicada)

TEIXEIRA, A. L. A.; MORETTI, E.; CHRISTOFOLETTI, A. (1992). *Introdução aos Sistemas de Informação Geográfica*. Rio Claro: Edição do Autor.

Vários Autores; *Computação Gráfica e suas Aplicações em CAD*. (1987). São Paulo: Atlas.

VERONEZ, M. R. (1998). *Proposta de parâmetros de transformação entre os sistemas WGS-84 e o SAD-69 para região de São Carlos-SP*. São Carlos,. 113p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 1998.

Wisely's GIS Yellow Pages. Páginas amarelas especializadas em SIGs. Disponível em: <<http://merlion.singnet.com.sg/~wisely/gislist.htm>>. Acesso em: 05 nov. 2002.

Welcome to the GiS TiMELiNE. Página que apresenta uma cronologia de desenvolvimento dos SIG, preparada pelo CASA (Centre for Advanced Spatial Analysis), Disponível em: <<http://www.casa.ucl.ac.uk/gistimeline>> Acesso em: 05 nov. 2002.

WORBOYS, M. F. (1995). *SIG: A Computing Perspective*. Keele: Taylor & Francis

ANEXOS

NORMAS CARTOGRÁFICAS

1.1.1.1. NORMAS TÉCNICAS DA CARTOGRAFIA NACIONAL

DECRETO Nº 89.817 DE 20 DE JUNHO DE 1984

Estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional.

O Presidente da República, usando da atribuição que lhe confere o artigo 81, Item III, da Constituição e tendo em vista o disposto no artigo 2º, nos incisos 4 e 5 do artigo 5º e no artigo 18 do Decreto-lei nº 243, de 28 de fevereiro de 1967,

DECRETA: Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional

CAPÍTULO I

Disposições Iniciais

Art.1º

Este Decreto estabelece as normas a serem observadas por todas as entidades públicas e privadas produtoras e usuárias de serviços cartográficos, de natureza cartográfica e atividades correlatas, sob a denominação de Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional.

Art.2º

As Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional se destinam a estabelecer procedimentos e padrões a serem obedecidos na elaboração e apresentação de normas da Cartografia Nacional, bem como padrões mínimos a serem adotados no desenvolvimento das atividades cartográficas.

Art.3º

As entidades responsáveis pelo estabelecimento de normas cartográficas, obedecidas as presentes Instruções, apresentarão suas normas à Comissão de Cartografia - COCAR para homologação e inclusão na Coletânea Brasileira de Normas Cartográficas.

Art.4º

As normas cartográficas, legalmente em vigor nesta data, serão homologadas como Normas Cartográficas Brasileiras, após apresentação à COCAR e devido registro.

Art.5º

Para efeito destas Instruções, define-se:

I-

Em caráter geral:

1.

Serviço Cartográfico ou de Natureza Cartográfica - é toda operação de representação da superfície terrestre ou parte dela, através de IMAGES, cartas, plantas e outras formas de expressão afins, tais como definidas no art.6º do DL 243/67 e seus parágrafos.

2.

Atividade Correlata - toda ação, operação ou trabalho destinado a apoiar ou implementar um serviço cartográfico ou de natureza cartográfica, tal como mencionada no parágrafo único do art.2º do Decreto-Lei número 243167.

II-

Quanto à finalidade:

1.

Norma Cartográfica Brasileira - NCB-xx - denominação genérica atribuída a todo e qualquer documento normativo, homologado pela COCAR, integrando a Coletânea Brasileira de Normas Cartográficas.

2.

Norma Técnica para Cartas Gerais - NCB-Gx - documento normativo elaborado pelos órgãos previstos nos incisos 1 e 2 do 51º do artigo 15 do Decreto-Lei nº 243/67.

3.

Norma Técnica para Cartas Náuticas - NCB-NM - documento normativo elaborado pelo órgão competente do Ministério da Marinha, na forma do art.15 do DL 243/67.

4.

Norma Técnica para Cartas Aeronáuticas - NCB-AV - documento normativo elaborado pelo órgão competente do Ministério da Aeronáutica na forma do art.15 do DL 243/67.

5.

Norma Técnica para Cartas Temáticas - NCB-Tx - documento normativo elaborado pelo órgão público federal interessado, conforme competência atribuída pelo art.15 do DL 243/67.

6.

Norma Técnica para Cartas Especiais - NCB-Ex - documento normativo elaborado pelo órgão público federal interessado, conforme competência atribuída pelo art.15 do DL 243/67.

7.

Norma Cartográfica Geral - NCB-Cx - documento normativo de caráter geral, não incluído na competência prevista no art.15 do DL 243/6 elaborado pela Comissão de Cartografia ou por integrante do Sistema Cartográfico Nacional, aprovado e homologado pela COCAR.

8.

Prática Recomendada pela COCAR - PRC-XX - especificação, procedimento ou trabalho decorrente de pesquisa, sem força de norma porém considerado e homologado pela COCAR como útil e recomendável contendo citação obrigatória da autoria, incluída na Coletânea Brasileira de Normas Cartográficas.

III-

Quanto à natureza:

1.

Norma Cartográfica de Padronização - documento normativo destinado ao estabelecimento de condições a serem satisfeitas, uniformizando as características físicas, geométricas e geográficas dos componentes, parâmetros e documentos cartográficos.

2.

Norma Cartográfica de Classificação - documento normativo destinado a designar, ordenar, distribuir ou subdividir conceitos ou objetos.

3.

Norma Cartográfica de Terminologia - documento normativo destinado a definir, relacionar ou conceituar termos e expressões técnicas, visando o estabelecimento de uma linguagem uniforme.

4.

Norma Cartográfica de Simbologia - documento normativo destinado a estabelecer símbolos e abreviaturas, para a representação gráfica de acidentes naturais e artificiais.

5.

Norma Cartográfica de Especificação - documento normativo destinado a estabelecer condições exigíveis para execução, aceitação ou recebimento de trabalhos cartográficos, observados os padrões de precisão exigidos.

6.

Norma Cartográfica de Procedimento - documento normativo destinado a estabelecer condições:

a)

para execução de projetos, serviços e cálculos;

- b)
para emprego de instrumental, material e produtos decorrentes;
- c)
para elaboração de documentos cartográficos;
- d)
para segurança no uso de instrumental, instalações e execução de projetos e serviços.

7.
Norma Cartográfica de Método de Ensaio ou Teste - documento normativo destinado a prescrever a maneira de verificar ou determinar características, condições ou requisitos exigidos de:

- a)
material ou produto, segundo sua especificação;
- b)
serviço cartográfico, obra, instalação, segundo o respectivo projeto;
- c)
método ou área de teste ou padronização, segundo suas finalidades e especificação.

8.
Norma Geral - é a que, por sua natureza, abrange mais de um dos tipos anteriores.

Art.6º

As Normas Cartográficas que não se enquadrem nas disposições do art.15 do DL 243/67, serão estabelecidas pela Comissão de Cartografia - COCAR, por proposta apresentada em Plenário ou através da Secretaria-Executiva da COCAR.

Art.7º

As cartas em escalas superiores a 1/25.000 terão articulação, formato e sistema de projeção regulados por norma própria, nos termos do art.15 do DL 243/67.

Parágrafo

Único

Tratando-se de grandes áreas ou extensas regiões, as cartas de que trata o presente artigo terão tratamento sistemático, observadas as normas a respeito.

CAPÍTULO II **Especificações Gerais**

Seção 1 Classificação de uma Carta Quanto a Exatidão

Art.8º

As cartas quanto à sua exatidão devem obedecer ao Padrão de Exatidão Cartográfica - PEC, segundo o critério abaixo indicado:

1.
Noventa por cento dos pontos bem definidos numa carta, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao Padrão de Exatidão Cartográfica - Planimétrico - estabelecido.
2.
Noventa por cento dos pontos isolados de altitude, obtidos por interpolação de curvas-de-nível, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao Padrão de Exatidão Cartográfica - Altimétrico - estabelecido.

§1º

Padrão de Exatidão Cartográfica é um indicador estatístico de dispersão, relativo a 90% de probabilidade, que define a exatidão de trabalhos cartográficos.

§2º

A probabilidade de 90% corresponde a 1,6449 vezes o Erro Padrão - PEC = 1,6449 EP.

§3º

O Erro-Padrão isolado num trabalho cartográfico, não ultrapassará 60,8% do Padrão de Exatidão Cartográfica.

§4º

Para efeito das presentes Instruções, consideram-se equivalentes as expressões Erro-Padrão, Desvio-Padrão e Erro-Médio-Quadrático.

Seção 2 Classes de Cartas

Art.9º

As cartas, segundo sua exatidão, são classificadas nas Classes A, B e C, segundo os critérios seguintes:

a-

Classe A

1.

Padrão de Exatidão Cartográfica - Planimétrico: 0,5 mm, na escala da carta, sendo de 0,3 mm na escala da carta o Erro-Padrão correspondente.

2.

Padrão de Exatidão Cartográfica - Altimétrico: metade da eqüidistância entre as curvas-de-nível, sendo de um terço desta eqüidistância o Erro-Padrão correspondente.

b-

Classe B

1.

Padrão de Exatidão Cartográfica - Planimétrico: 0,8 mm na escala da carta, sendo de 0,5 mm na escala da carta o Erro-Padrão correspondente.

2.

Padrão de Exatidão Cartográfica - Altimétrico: três quintos da eqüidistância entre as curvas-de-nível, sendo de dois quintos o Erro-Padrão correspondente.

c-

Classe C

1.

Padrão de Exatidão Cartográfica - Planimétrico: 1,0 mm na escala da carta, sendo de 0,6 mm na escala da carta o Erro-Padrão correspondente.

2.

Padrão de Exatidão Cartográfica - Altimétrico: três quartos da eqüidistância entre as curvas-de-nível, sendo de metade desta eqüidistância o Erro-Padrão correspondente.

Art.10

É obrigatória a indicação da Classe no rodapé da folha, ficando o produtor responsável pela fidelidade da classificação.

Parágrafo

único

Os documentos cartográficos, não enquadrados nas classes especificadas no artigo anterior, devem conter no rodapé da folha a indicação obrigatória do Erro-Padrão verificado no processo de elaboração.

Art.11

Nenhuma folha de carta será produzida a partir da ampliação de qualquer documento cartográfico.

§1º

Excepcionalmente, quando isso se tornar absolutamente necessário, tal fato deverá constar explicitamente em cláusula contratual no termo de compromisso,

§2º

Uma carta nas condições deste artigo será sempre classificada com exatidão inferior à do original, devendo constar obrigatoriamente no rodapé a indicação "Carta ampliada a partir de (... documento cartográfico) em escala (... tal)".

§3º

Não terá validade legal para fins de regularização fundiária ou de propriedade imóvel, a carta de que trata o "caput" do presente artigo.

CAPITULO III **Elementos Obrigatórios de uma Carta**

Art.12

A folha de uma carta deve ser identificada pelo índice de nomenclatura e número do mapa-índice da série respectiva, bem como por um título correspondente ao topônimo representativo do acidente geográfico mais importante da área.

Art.13

Cada carta deve apresentar, no rodapé ou campos marginais, uma legenda com símbolos e convenções cartográficas, de acordo com a norma respectiva.

Parágrafo**Único**

O rodapé e campos marginais devem conter as informações prescritas nas normas relativas à carta em questão, apresentando, no mínimo, os elementos prescritos nestas Instruções.

Art.14

A escala numérica, bem como a escala gráfica da carta, devem ser apresentadas sempre acompanhadas de indicação da equidistância entre as curvas-de-nível e escala de declividade, de acordo com a norma respectiva.

Art.15

Os referenciais planimétrico e altimétrico do sistema de projeção utilizado devem ser citados, bem como as suas constantes, a convergência meridiana, a declinação magnética para o ano de edição e sua variação anual, de acordo com a norma respectiva.

Art.16

O relevo deve ser apresentado por curvas-de-nível, ou hachuras, ou pontos-cotados, ou em curvas-de-nível com pontos-cotados, segundo as normas relativas à carta em questão, admitindo-se, quando for o caso o relevo sombreado como elemento subsidiário.

Art.17

A quadriculação quilométrica ou sexagesimal, ou ambas, devem ser usadas, com apresentação das coordenadas geodésicas dos quatro cantos da folha, de acordo com a norma respectiva.

Art.18

O esquema de articulação das folhas adjacentes, bem como um diagrama da situação da folha no Estado, na região ou no país, devem ser usados conforme a escala e de acordo com a norma respectiva.

Art.19

É obrigatória a citação do ano de edição, bem como das datas de tomada de fotografias, trabalhos

de campo e restituição, ou compilação, citando-se os órgãos executores das diversas fases.

Parágrafo

único

Nas cartas produzidas por compilação é obrigatória a citação da fonte e do órgão produtor dos documentos de natureza cartográfica, utilizados em sua elaboração.

Art.20

Nas unidades de medida, deve ser adotado o Sistema Internacional de Unidades - SI, nos termos da Legislação Metrológica Brasileira.

Parágrafo

Único

Em casos especiais e para atender compromissos intencionais, admite-se o uso de unidades de medida estrangeiras, devendo constar, neste caso, a unidade usada, em lugar bem visível e destacado na carta.

CAPÍTULO IV

Do Sistema Geodésico Brasileiro

Art.21

Os referenciais planimétrico e altimétrico para a Cartografia Brasileira são aqueles que definem o Sistema Geodésico Brasileiro, conforme estabelecido nas "Especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos - IBGE - 1983".

§1º

Segundo aquelas normas, o referencial planimétrico coincide com o Sistema Geodésico Sul-americano de 1969 (SAD-69).

§2º

O referencial altimétrico coincide com o nível médio do mar na baía de Imbituba, no litoral de Santa Catarina.

Art.22

A título precário, admite-se documentação cartográfica à base do antigo Sistema Geodésico Córrego Alegre.

CAPÍTULO V

Especificações Gerais das Normas Cartográficas Brasileiras

Art.23

As entidades responsáveis pelo estabelecimento de normas cartográficas obedecerão, em sua apresentação, ao prescrito nestas Instruções Reguladoras.

Parágrafo

único

As entidades que, em virtude de acordo internacional ou norma interna específica, devam usar forma e estilo próprios, poderão fazê-lo, obedecida a conceituação prevista nestas Instruções.

Art.24

Uma Norma Cartográfica Brasileira será constituída de Identificação, elementos preliminares, texto e informações complementares.

Art.25

A identificação deve abranger: título e tipo, conforme definido no art.5º; identificação da instituição que elabora a norma; ano de publicação, classificação e numeração.

Art.26

O título deve ser tão conciso quanto o permitam a clareza e distinção, observadas as diretrizes da

Comissão de Cartografia - COCAR, estabelecidas através de Resolução.

Art.27

O texto deve conter as prescrições da norma, apresentando-se subdividido em capítulos, seções e eventualmente alíneas e sub-alíneas, e incluindo, quando necessário, figuras, tabelas, notas e anexos.

**Parágrafo
único**

A Comissão de Cartografia - COCAR regulará, através de Resolução, a estrutura do texto das Normas Cartográficas Brasileiras, bem como sua capitulação e apresentação gráfica.

Art.28

A redação de normas tem estilo próprio, linguisticamente correto, sem preocupações literárias e tanto quanto possível uniforme. A qualidade essencial é a clareza do texto, para evitar interpretações ambíguas.

Art.29

As unidades e a grafia de números e símbolos a serem utilizadas nas normas serão as previstas na Legislação Metrológica Brasileira.

**Parágrafo
único**

As normas que, em virtude de acordo internacional, devam usar unidades estranhas à Legislação Metrológica Brasileira deverão fazê-las acompanhar, entre parênteses, das unidades legais brasileiras equivalentes.

**CAPITULO VI
Disposições Finais**

Art.30

O Sistema Cartográfico Nacional deverá adaptar-se, no prazo de um ano, aos padrões estabelecidos neste Decreto.

Art.31

No prazo de um ano, a contar da publicação do presente Decreto, as entidades responsáveis pela elaboração de normas cartográficas deverão remetê-las à Comissão de Cartografia - COCAR.

**Parágrafo
único**

O prazo de que trata este artigo poderá ser prorrogado, mediante resolução da COCAR, para atender pedido fundamentado de entidade interessada.

Art.32

Este Decreto entra em vigor na data de sua publicação, revogadas as disposições em contrário.

Brasília, 20 de junho de 1984; 163º da Independência e 96º da República.

JOAO FIGUEIREDO e DELFIM NETTO
Publicada no D.O.U. de 22-06-84.