

Conversão e Estruturação da Base Cartográfica em Meio Digital – Município de Alfredo Wagner, SC ¹

Acad. Fábio Luis Viecili¹
Prof. Dr. Cesar Augusto Pompeo^{II}

¹UFSC - Depto. de Engenharia Civil
88.040-900 Florianópolis SC
fabiochape@pop.com.br

^{II}UFSC - Depto. de Engenharia Sanitária e Ambiental
88.040-900 Florianópolis SC
pompeo@ens.ufsc.br

Resumo: O presente trabalho aborda aspectos relativos à conversão e a estruturação da base cartográfica em meio digital, considerando a inserção desse processo numa pesquisa de caráter interdisciplinar e participante, que visa a construção de estratégias coletivas para o tratamento da problemática ambiental no município de Alfredo Wagner, SC, onde as enchentes são a manifestação natural, de impacto negativo, mais significativa.

O objetivo deste trabalho é apresentar e discutir a experiência da conversão da base cartográfica proveniente de cartas topográficas da Fundação IBGE, para o meio vetorial, visando a estruturação das informações existentes em um Sistema de Informação Geográfica, para apoio ao planejamento ambiental, no Município de Alfredo Wagner. Para tanto, o trabalho apresenta os procedimentos empregados na conversão das cartas topográficas para o formato digital, bem como identifica as principais considerações levantadas na vetorização e na disseminação da base cartográfica digital. São abordadas ainda, algumas possibilidades de importação e exportação de arquivos vetoriais, entre formatos (extensões) e softwares (programas) utilizados nesta pesquisa.

Palavras chaves: *heads-up*, vetorização, base cartográfica

1. Introdução

Atualmente o emprego de ferramentas computacionais, de tecnologias de informação, do geoprocessamento, aliados aos potenciais dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), permitem realizar análises complexas, integrando dados de diversas fontes em bancos georreferenciados, dando suporte para análise espacial de fenômenos e tornando possível semi-automatizar a produção e disseminação de documentos cartográficos. Para isto, torna-se indispensável uma gama de bases de dados e informações, sendo imprescindível o emprego de bases cartográficas no meio digital, em escala adequada e atualizada.

O município de Alfredo Wagner é integrante do Estado de Santa Catarina à latitude sul de 27°42'00" da linha do Equador e longitude oeste 48°59'30" do meridiano de Greenwich e situa-se na região mais alta da bacia hidrográfica do Rio Itajaí-Açu (Figura 1A), no vale do Itajaí, a 120km da capital, Florianópolis. Este município faz parte da Associação dos Municípios da Região da Grande Florianópolis (Figura 1B), caracterizando uma situação conflitante (Figura 1C), por pertencer geograficamente e politicamente a regiões distintas. Localizado na Serra Geral, entre o litoral e o planalto catarinense, o Município destaca-se pelo relevo acidentado de superfícies onduladas e montanhosas; e por estar na faixa de transição entre o litoral e a serra, apresenta características variadas em relação à altitude e ao clima além de índices pluviométricos elevados e constantes durante praticamente todo o ano. Alfredo Wagner possui uma população aproximada de 8.000 habitantes e sua economia é proveniente essencialmente da zona rural, onde mais de 70% dos moradores vivem.

2. Metodologia

As informações para elaboração da base cartográfica em meio digital foram provenientes de cinco

¹ Este artigo foi elaborado parcialmente a partir dos resultados obtidos no Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil, da Universidade Federal de Santa Catarina, do primeiro autor no ano de 2002.

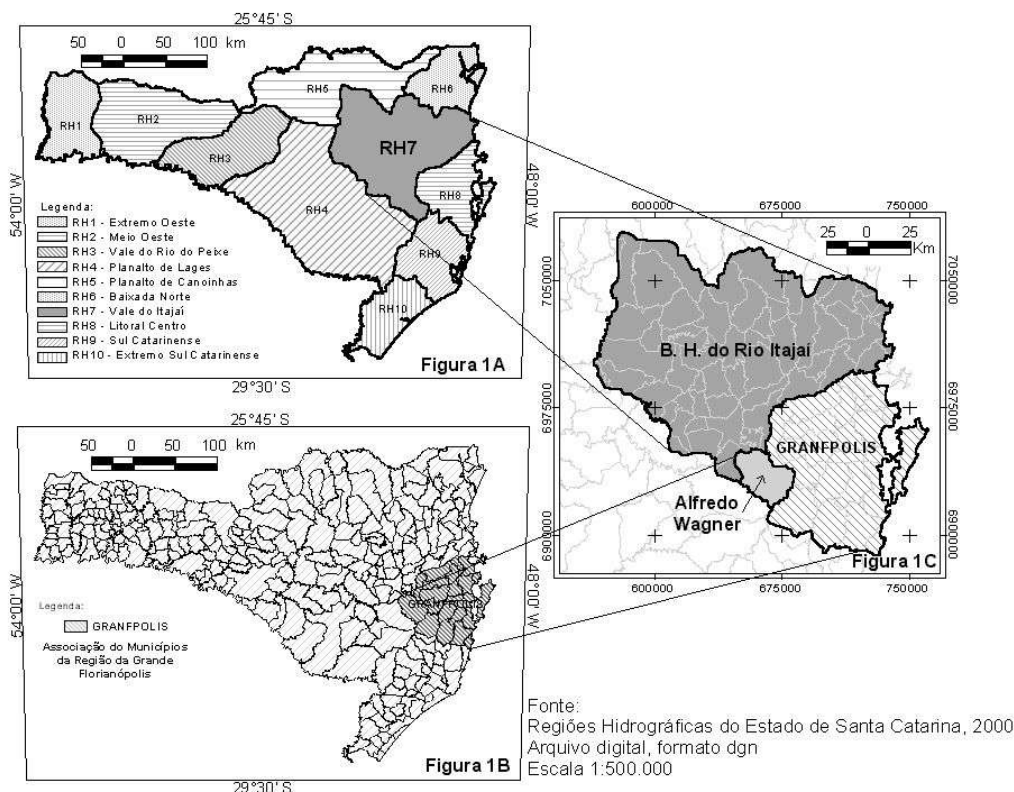


Figura 1 : Localização do Município de Alfredo Wagner, na bacia hidrográfica e na associação de municípios

cartas topográficas da série de levantamentos 1:50.000, publicadas entre os anos de 1974 e 1980 pela Fundação IBGE, em formato analógico (papel).

A conversão para o meio digital da base cartográfica foi realizada por intermédio do *software* MicroStation da *Bentley*, através do módulo específico para vetorização, Descartes. Este módulo permite realizar o georreferenciamento de mapas e a vetorização das feições a partir da imagem em formato digital (*raster*).

A *vetorização em tela (heads-up)* consiste em modificar o formato digital do material escaneado através da interpretação visual ou de varredura automática. Para isto, inicialmente deve ser realizada a escaneização (*.tiff) das cartas topográficas para a seguir georreferenciar as figuras (formato *raster*) em extensão pré-determinada (*.hmr) e resolução definida, permitindo a futura espacialização dos dados (arquivos vetoriais) por intermédio de programas assistidos por computador. O reconhecimento das coordenadas da carta é realizado já em meio digital, quando são fornecidos os valores das coordenadas dos quatro pontos extremos de cada folha, como no processo de *digitalização (heads-down)*, diferenciando deste por ser realizado em tela ao invés de mesa digitalizadora. Após analisar os erros da calibração em função da escala de trabalho (1:50.000) e definir alguns parâmetros como: resolução, distância mínima entre vértices e planos de informação, pode-se iniciar a *vetorização* das feições de interesse.

Neste trabalho foram percorridas as seguintes etapas, seqüencialmente:

- Seleção de cartas topográficas, cinco no presente caso.
- Transferência para o meio digital, através de *scanner*, gerando arquivos com resolução de 500 *dpi*. Este passo acarretou necessariamente distorções radiais no arquivo matricial, principalmente por não ter sido utilizado um *scanner aerofotogramétrico*.
- Georreferenciamento das cartas topográficas por intermédio de pontos de controle, sendo utilizado os 4 pontos extremos de cada carta, onde as coordenadas de latitude e longitude definem a posição abrangente de cada folha.
- Análise dos erros de georreferenciamento de cada carta, resultantes das deformações naturais da folha e das distorções geradas no processo de escaneização.
- Definição dos planos de informação (drenagem, altimetria, sistema viário, localidades, limites municipais) e tipos de feições (textos, pontos, linhas e polígonos) para cada um dos planos.
- Vetorização das feições de interesse por carta e por tema. Após definir os parâmetros para cada tipo

de elemento inicia-se a conformação vetorial (“desenho”) das feições a partir da imagem georreferenciada.

- Edição vetorial das feições, visando estruturar as informações para serem utilizadas em SIGs através da chamada “limpeza topológica”. Este passo engloba a validação das feições vetorizadas e consiste no fechamento de polígonos, verificação da atribuição dos valores da altimetria e correção de inconsistências visíveis em tela na etapa de vetorização.
- Conversão das cartas para o mesmo datum horizontal e datum vertical, condizente com o Sistema Geográfico Brasileiro.
- Junção dos 5 arquivos (1 para cada carta) para compor os temas, seguido da adaptação nas extremidades entre cartas, visando solucionar as inconsistências posicionais e assim permitindo o emprego da base cartográfica num ambiente de SIG.

Os temas abordados na espacialização da base cartográfica em meio digital foram: rede de drenagem (margem simples, margem dupla e toponímia), sistema viário (pavimentado, não pavimentado e caminhos), altimetria (curvas de nível e pontes de cume), localidades (comunidades) e limites intermunicipais.

3. Análise Do Produto Cartográfico Obtido

De acordo com o padrão de acurácia norte-americano o erro médio quadrático ideal permitido para a escala 1:50.000 é de 15 metros. Isto significa que 90% dos pontos não podem exceder a distância de 1/50 de polegada da coordenada verdadeira.

No Brasil, o Decreto nº 89.817, de 20/06/1984, estabelece as *Instruções Reguladoras de Normas Técnicas da Cartografia Nacional*, a serem observadas por todas as entidades públicas e privadas produtoras e usuárias de serviços cartográficos, de natureza cartográfica, atividades correlatas, 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 (BRASIL, 1996).

O artigo 8 deste Decreto especifica a *Classificação De Uma Carta Quanto Exatidão* (Padrão de Exatidão Cartográfica - PEC). O PEC é um indicador estatístico de dispersão, relativo a 90% de probabilidade, que define a exatidão de trabalhos cartográficos. Já o artigo 9, estabelece a *Classificação Das Cartas em A, B, e C*, segundo as suas exatidões. Essas normas indicam que 90% dos pontos de uma carta, quando testados, devem possuir erro que não ultrapasse o PEC Planimétrico, que é estabelecido em 0,5 mm na escala da carta para a classe A; 0,8 mm para a classe B e 1 mm para a classe C. Portanto, para cartas classe A na escala deste trabalho (1:50.000), o erro máximo aceitável associado ao PEC Planimétrico é de 25 m. O artigo 10 deste Decreto descreve a obrigatoriedade de indicação da Classe do PEC no rodapé da folha de produtos cartográficos, ficando o produtor responsável pela fidelidade da classificação.

A avaliação do erro sistemático e a análise da qualidade geométrica do produto cartográfico obtido a partir de cinco cartas topográficas convertidas para o meio digital através da técnica de vetorização em tela ainda não foi estimado, estando os arquivos digitais disponíveis para tal determinação, discussão e análise. Espera-se que a classificação do PEC esteja compreendida pelo menos nos limites da “classe C”, mínimo recomendado pelo Decreto nº 89.817.

CINTRA & NERO (2001) em estudo comparativo de metodologias de conversão de mapas, através das técnicas de digitalização em mesa, vetorização em tela, semi-automática e automática, utilizando igualmente cartas topográficas do IBGE, também na escala 1:50 000 atingiram a classe C somente para as técnicas de vetorização em tela e semi-automática. Em relação ao PEC e ao erro sistemático, tais autores traçaram a seguinte tabela comparativa de técnicas de conversão de arquivos para o meio digital.

Tabela 1 : Existência de erro sistemático e classe do mapa

Metodologia	Erro Sistemático	PEC
Mesa digitalizadora	SIM	Classe D
Em tela	NÃO	Classe C
Semi-automática	NÃO	Classe C
Automática	SIM	Classe D

Fonte: CINTRA & NERO (2001).

Para estes autores, a análise da qualidade geométrica, baseada no Decreto nº 89.817, através do

teste de exatidão (t de Student) e do teste de precisão (Qui-quadrado), os produtos obtidos a partir da digitalização via mesa e automática não atingiram a classe C, mínima do Decreto, e propõe uma classificação D, não constante em norma, em que o PEC situa-se entre 1,0 e 1,2 mm. Esta nova classificação é válida e relevante pois permite a produção e uso destes produtos cartográficos em momentos em que não se dispõe dos recursos necessários para elaborar cartas com maior padrão de qualidade ou em situações em que o rigor da aplicação da informação não é de extrema relevância, como por exemplo o planejamento de ações ambientais.

4. Conversão de Arquivos Vetoriais

É possível após a realização deste trabalho traçar a Tabela 2, que consiste num quadro resumo apresentando os aplicativos utilizados e as possibilidades de conversões entre os arquivos vetoriais para os principais formatos usualmente empregados tanto em programas de CAD quanto de GIS.

Tabela 2 : Conversões de arquivos vetoriais

Formato	importação/leitura	exportação/conversão
DXF	AutoCad MAP 2.0 Ilwis 3.0 ArcView 3.2 Spring 3.5 MicroStation J	AutoCad MAP 2.0 Ilwis 3.0 Spring 3.5 MicroStation J
DGN	AutoCad MAP 2.0 ArcView 3.2 MicroStation J	AutoCad MAP 2.0 MicroStation J
DWG	AutoCad MAP 2.0 ArcView 3.2 Spring 3.5 MicroStation J	AutoCad MAP 2.0 Spring 3.5 MicroStation J
E00	AutoCad MAP 2.0 Ilwis 3.0 Spring 3.5	AutoCad MAP 2.0 Ilwis 3.0
SHP	AutoCad MAP 2.0 Ilwis 3.0 ArcView 3.2 Spring 3.5	AutoCad MAP 2.0 Ilwis 3.0 ArcView 3.2 Spring 3.5

Fonte: VIECILI (2002).

A saber: DGN (*design file*), DXF (*drawing interchange files*), DWG (*drawing*), E00 (*interchange format*) e SHP (*shape file*).

Analisando a tabela acima percebe-se que *software* AutoCad MAP 2.0 (*AutoDesk*) é compatível, em termos de formatos (extensões de arquivos), com todos os outros listados. Os recursos disponíveis neste *software* permitem a integração de dados (importação e exportação) com os demais apresentados na Tabela 2, e demonstrou-se eficiente nas conversões tanto de importação quanto exportações sem perdas significativas na estrutura dos arquivos. Pode-se então dizer que de posse de informações digitais, em qualquer uma das 5 extensões citadas, é possível realizar uma conversão dos arquivos através de uma ou mais operação para os outros aplicativos, conforme os testes realizados no decorrer deste trabalho.

5. Comentários e Considerações

Neste trabalho, ainda não foi avaliada a exatidão e a qualidade geométrica do produto cartográfico gerado, sendo assim, não foi possível analisar na totalidade, se a metodologia e os materiais utilizados permitem obter documentos cartográficos enquadrados na normatização cartográfica brasileira vigente. Apesar disto, a utilização do produto cartográfico digital obtido mostrou-se coerente quando nas aplicações realizadas com emprego simultâneo de imagens orbitais do sensor LandSat Thematic Mapper no trabalho desenvolvido por SOUTO (2003), intitulado “*Áreas de Preservação Permanente e o Uso do Solo em Alfredo Wagner – Aplicações de Técnicas de Geoprocessamento*”.

Como sugestão de continuidade de pesquisa são oferecidos os arquivos em meio digital gerados neste trabalho para avaliação da magnitude dos erros cartográficos da base e comparações com outras metodologias empregadas na conversão de mapas analógicos. Outra perspectiva interessante é a atualização da base cartográfica com auxílio de produtos de sensoriamento remoto, ampliando a confiabilidade das representações de acordo com a situação atual.

Na conversão e estruturação de uma base cartográfica devem ser estabelecidos critérios e procedimentos que possibilitem a reprodução da metodologia em questão. Salientam-se as seguintes considerações referentes à experiência do trabalho aqui apresentado:

Na conversão da base cartográfica para o meio digital:

- inicialmente deve-se obter, sempre que possível, uma base de dados da área de estudo em escala menos detalhada;
- analisar todos os dados descritivos constantes nas cartas topográficas e nos metadados (quando disponível);
- utilizar como fonte de dados analógicos preferencialmente: a) as cópias heliográficas originais, b) cartas topográficas novas e não manuseadas; e c) cartas topográficas em estado de conservação superior a satisfatório;
- empregar na etapa escanização dispositivos óticos de varredura (*scanner*) do tipo *aerofotogramétrico*;
- a escala do mapa digital deverá ser igual ou maior que a escala da carta topográfica original;
- sistema de projeção de coordenadas e de datums deve ser mantido inicialmente, conforme a carta topográfica original;
- divisão por temas das entidades geográficas da carta topográfica, diferenciando também as feições conforme o tipo de representação (textos, pontos, segmentos e polígonos);
- fragmentação dos elementos contínuos em cada interseção, a fim de possibilitar a atribuição da topologia em SIGs;

Na disseminação da base cartográfica digital:

- apresentar a base digital conforme o Sistema Geográfico Brasileiro (Projeção Universal Transversa de Mercator, *South American Datum 1969* e fuso-horário);
- os metadados² devem sempre acompanhar os mapas e a base cartográfica digital;
- a citação de fontes das informações cartográficas contidas no mapa, permitindo assim a análise da confiabilidade das informações utilizadas;
- disponibilizar cópias dos arquivos digitais em formatos universalmente aceitos e, quando necessário, em padrões específicos de um *software*;
- seguir as instruções reguladoras das normas técnicas da cartografia nacional segundo os padrões pré-estabelecidos por entidades cartográficas oficiais como a CONCAR, IBGE e DSG.

6. Conclusões

Com a crescente popularização dos sistemas assistidos por computador inclusive dos sistemas de informações geográficas, nas mais diversas áreas, necessita-se cada vez mais de bases cartográficas digitais.

A obtenção destas bases pode se dar basicamente através de quatro maneiras: 1ª) solicitação dos arquivos digitais junto às instituições competentes; 2ª) obtenção da base cartográfica utilizada em outros projetos realizados na mesma área; 3ª) aquisição por intermédio de empresas consultoras (terceirização); ou, a 4ª) conversão local em laboratórios técnicos dos próprios usuários. O investimento necessário para obtenção da base cartográfica digital está relacionado diretamente com a forma de aquisição, o que merece uma cautelosa atenção na fase de planejamento de projetos. As estruturas dos arquivos digitais são flexíveis em função do grande número de *softwares* existentes atualmente no mercado o que dificulta a definição de extensões padrões. Independente de qual maneira seja a aquisição da base digital de dados é necessária uma reestruturação desta visando sua integração aos SIGs, o que carece habilidades e tempo.

Saber avaliar as necessidades de emprego da base cartográfica quando na definição dos objetivos de um projeto é fundamental para otimização dos esforços futuros. Daí então responder as indagações em relação à base cartográfica digital: Existe esta base cartográfica? Qual a escala de detalhamento? Em que extensão está disponível? Mais vale a *compra* ou a *conversão*? Quais são os prazos para obtenção e aplicação? Quais são os usuários? Qual a duração do projeto? Como será a

2 Metadados pode ser definido como sendo “*dados sobre os dados*” e consistem na documentação a respeito dos dados utilizados e gerados num ambiente computacional.

continuidade?

Procuramos salientar neste documento aqui apresentado, apenas a experiência de um projeto de pesquisa no qual fazia-se necessário o emprego de tal base cartográfica, de onde emergiram diversas reflexões que nos permitem enfatizar a importância dos conhecimentos adquiridos na conversão e estruturação da base digital. Num contexto mais amplo vale destacar que pouco adianta a aquisição de uma base digital “estruturada” para um SIG, caso os objetivos do sistema de informação não estejam bem delineados, o que implicará necessariamente futuras reestruturações da base digital a fim de possibilitar a incorporação de pormenores inicialmente não previstos para serem aplicados.

A definição da escala utilizada considerou dentre o mapeamento sistemático brasileiro o de maior detalhamento (1:50.000) na extensão territorial do Município, além de ser, segundo CINTRA & NERO (2001), a série de levantamento mais empregada para estudos regionais (em termos de feições representadas) de outras escalas utilizadas para planos diretores de municípios, planejamentos e projetos. Maiores informações que detalham diferentes maneiras de conversão de arquivos analógicos para o meio vetorial, enfatizando a digitalização e a vetorização de mapas, podem ser encontradas em Cintra & Nero, 2001.

Sob um aspecto geral, algumas considerações podem ser feitas sobre a produção de mapas, sejam eles analógicos ou digitais:

- A representação de detalhes do local mapeado nunca será total, além de ser função direta da escala do levantamento do mapa.
- Diversas são as representações que não podem ser visualizadas no terreno, são exemplos as curvas de nível, as grades de coordenadas e as divisões político-administrativas.
- A quantidade de campos de dados simbólicos e descritivos deve ser a mínima possível num mapa, porém não permitindo ofuscar o significado de cada informação.
- A base cartográfica é uma representação estática da superfície de um determinado terreno, estando sensível à dinâmica temporal de alterações da área.

7. Agradecimentos

Os autores agradecem em especial à toda equipe de pesquisadores do Núcleo de Estudos da Água (NEA) do departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (ENS) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) que de alguma maneira contribuíram para a realização deste trabalho.

8. Referências Bibliográficas

- BRASIL (1996). Ministério da Ciência e Tecnologia. Comissão de Cartografia, 1986. Cartografia e Aerolevantamento: Legislação. Brasília, DF.
- CINTRA, J. P. & NERO, M. A. (2001). *“Digitalização de mapas: estudo comparativo de metodologias”*. Mostra do Talento Científico. Gis Brasil 2001. In: *cd rom*. 10p.
- IBGE (1990). Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. In: www.ibge.gov.br. Acesso em 21 de fevereiro de 2002.
- SANTA CATARINA (1986). *“Atlas do Estado de Santa Catarina”*. Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral. Rio de Janeiro, RJ. 173p.
- SOUTO, J. A. (2003). *“Áreas de Preservação Permanente e o Uso do Solo em Alfredo Wagner – Aplicações de Técnicas de Geoprocessamento”*. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC. 92p.
- VIECILI, F. L. (2002). *“Cartografia Digital para Gestão Ambiental, Município de Alfredo Wagner, SC”*. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC. 80p.
- VIECILI, F. L. & POMPÊO, C. A. (2001). *“Elaboração de bases cartográficas em meio digital para o manejo de áreas de proteção ambiental”*. III Encontro Mundial das Águas. Santiago, Chile. In: *cd rom*. 9p.