

Digitalização de mapas

HELIUS DE ALMEIDA GUIMARÃES FILHO

ALVARO PENTEADO CRÓSTA

UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas

Instituto de Geociências - Caixa Postal 6152

13081-970 Campinas, SP, Brasil

Abstract. The digitizing process must consider a study of *why* and *what for* data are going to be digitized. This study will determine the procedures for controlling the precision and the quality of map in digital format. It is important that CAD drawings are able to send information to other programs, particularly GIS. This process involves making the data as compatible as possible with these programs. Three different digitizing methods are addressed: ASCII, scanning and digitizing table. To digitize polylines continuously using a digitizing table, the formula $DISTANCE = SCALE * 0.058/100$ was found to represent a good option, generating a relatively small operational error for areas between 1.0 and 1.7% and perimeter between 1.2 and 3%. Considerations such as equipment, data sources and scales, symbols and levels organization, hatch patterns and hardcopy output are fundamental for generating optimized maps. They are also very important to for map maintenance and for data exchange with GIS.

I - Introdução

O número de usuários interessados em digitalizar mapas vem aumentando substancialmente nos últimos anos. Essa demanda deve-se principalmente à crescente popularidade dos programas de CAD (*Computer Aided Design*) e de outros programas que utilizam mapas em formato digital, entre eles: Sistema Georeferenciado de Informações (SGI).

Os procedimentos utilizados na digitalização de mapas devem ser compatíveis com a qualidade e precisão dos produtos que deseja-se gerar. Caso o mapa digitalizado em CAD necessite ser transferido para outro programa, também devem ser seguidos certos procedimentos para facilitar o processo de transferência. Em situações onde informações georeferenciadas devem ser adicionadas a mapas digitalizados em CAD, é necessário seguir procedimentos na confecção do mapa, para facilitar esse processo de importação.

Os processos de digitalização de mapas geram erros durante sua codificação. Esses erros devem ser muito bem controlados, principalmente se os produtos digitalizados forem ser utilizados em outros programas posteriormente. Existem duas

fontes de erros que ocasionam a redução da precisão dos produtos gerados pelos processos de digitalização: erros inerentes e operacionais. Os erros presentes nas fontes originais são classificados como inerentes. Os erros operacionais são produzidos durante a entrada dos dados e manipulação digital nos programas.

II - Objetivos

São objetivos deste trabalho dar indicações para digitalizar mapas de forma precisa, otimizando o processo de digitalização e facilitando o intercâmbio dessas informações com outros programas.

Antes de começar a digitalizar o mapa propriamente dito, é importante para o usuário conhecer o objetivo da digitalização e saber o grau de precisão que o produto final deve alcançar. O objetivo da digitalização consiste no *porque* dos dados terem sido digitalizados e, a partir daí, *para que* servirão:

- 1) Para visualização no computador;
- 2) Para a substituição de uma mapoteca;
- 3) Para facilitar os processos de manutenção;

4) Para intercâmbio de dados com outros programas.

Propõe-se aqui que o uso de CAD não seja visto apenas como um auxílio ao desenhista, mas também como uma poderosa ferramenta de entrada de dados para suprir e ser suprido por programas mais especializados. Dentre os vários programas, pode-se mencionar:

- Sistema Georeferenciado de Informação (SGI);
- Gerenciadores de Banco de Dados (GBD);
- Análise Digital de Modelos de Elevação de Terreno (MET);
- Processamento Digital de Imagens (PDI);
- Programas para Gerar Mapas de Isovalores;
- Programas de Análise Estrutural;
- Pacotes Estatísticos, Geoquímicos, Geofísicos.

Uma vez capturados a partir de mapas em papel pelo CAD, esses dados podem ser intercambiados com esses programas. Para que isso ocorra, é necessário que os dados capturados estejam em formatos, se não compatíveis, quase compatíveis com esses programas. Logo, o processo de digitalização deve ser feito com muito critério e principalmente com muito tempo de organização e normalização.

A primeira noção importante para o usuário é a de que, normalmente, o CAD simplesmente enviará polilinhas e/ou pontos com sua localização e atributos para programas mais especializados, como SGI's. Logo, por mais bonito que o mapa esteja no CAD, com seus símbolos, coloridos, hachuras, ou seja, notações, os programas especializados somente estarão interessado em polilinhas de drenagens, curvas de nível, estradas, limites territoriais, contatos geológicos, falhas e algumas vezes pontos com sua localização e atributo. Os atributos que tais polilinhas possuem, como cotas, tipos de litotipos, tipos de contatos e tipos de falhas, serão muito valiosos nos programas especializados, porém eles serão quantificados, não de forma visual como com traços diferentes ou cores, mas sim como pertencendo a classes diferentes.

III - Considerações Gerais

Antes de abordar os procedimentos práticos envolvidos na digitalização, comentar-se-á sobre

alguns itens relevantes para que esse processo seja feito de uma forma padronizada e otimizada.

III.1 - Equipamento Utilizado para Edição

O equipamento utilizado no processo de digitalização deve ser bem dimensionado para o tamanho do trabalho. Dependendo do tamanho e da densidade de informações contidas em alguns mapas pode-se gerar arquivos magnéticos extensos. Os processos de *ZOOM* e regeneração dos desenhos podem levar algum tempo em mapas muito densos. Em algumas situações, os mapas podem ser divididos em mapas menores. Portanto, deve-se fazer uma análise prévia dos dados a serem digitalizados para otimizar o desempenho da digitalização.

As versões mais recentes dos programas de CAD podem trabalhar com memórias expandidas e estendidas de forma versátil. Em algumas situações a melhor solução é trabalhar com o máximo possível de memória RAM, para que os desenhos possam ser processados em memória e não em disco. Nesse sentido, o ideal é ter uma memória disponível que corresponda a pelo menos 4 vezes o tamanho do arquivo com que se esteja trabalhando. Por exemplo: se o arquivo em questão possui 2 *MegaBytes* de tamanho, são necessários 8 *MegaBytes* de memória RAM disponíveis.

As placas de vídeo devem ser consideradas no processo de edição. Aceleradores de placas gráficas, ou placas que já contenham embutidos os aceleradores, auxiliam muito a performance durante esse processo.

Finalmente os programas de CAD utilizam muitos cálculos matemáticos; sendo indispensável o uso de coprocessadores matemáticos. Os simuladores em *software* de coprocessadores em PC's podem ser utilizados, embora seu desempenho em relação aos coprocessadores físicos deixem muito a desejar, devendo ser vistos como soluções improvisadas. Por outro lado, há diferenças de performance entre os simuladores em *software*, sendo recomendada uma análise prévia entre os disponíveis.

III.2 - Fontes dos Dados

Em situações em que as informações provêm de fontes diferentes, deve-se tomar cuidado ao inseri-las em um mesmo arquivo no CAD. Tal cuidado deve-se a diferenças nas bases cartográficas em que cada informação está contida. Esse processo é muito comum quando se tem informações contidas em imagens de satélite, imagens de radar, fotografias aéreas em escalas diversas, bases topográficas e mapas geológicos, e se deseja uni-las em um mesmo arquivo no CAD. As distorções são inerentes a cada fonte e divergem entre si. Nesses casos, deve-se selecionar uma como sendo a "correta", ou a base, e nela inserir as informações das outras fontes.

Quando as distorções entre as fontes são pequenas, como mapas adjacentes, basta fazer uma reorientação¹ na troca dos mapas, e continuar o processo de digitalização normalmente. Quando as distorções são grandes, como fotografias aéreas, imagens de satélite e radar, é necessário que se faça um registro (ajuste), através de uma regressão polinomial, em todas as coordenadas das outras fontes, com relação à base. Essa regressão consiste em usar pontos em comum entre a base e a outra fonte, e, desses pontos em comum, criar um polinômio de regressão. Uma vez gerado o polinômio, todas as coordenadas da fonte distorcida devem ser processadas para ajustá-la à base.

ASPRS (1989) propõe padrões de precisão para mapas topográficos de grande escala. As proposições que se seguem correspondem à analogias tomando-se como base o artigo acima citado. Os pontos de amarração entre duas fontes devem ser escolhidos de forma aleatória, porém bem distribuída, devendo-se incluir pontos localizados nas bordas e dependendo da aplicação pode-se distribuir pontos com maior densidade nas vizinhanças de estruturas importantes. Cada quadrante deve conter, no mínimo, 20 % dos pontos e o espaçamento entre eles deve ser de pelo menos 10 % da diagonal do mapa. É recomendável que se tomem pontos notáveis, tais como encontro de drenagens, bifurcações de estradas e outros marcos naturais, com a localização mais precisa possível. Pelo menos 20 pontos de amarração devem ser escolhidos. Os erros envolvidos nesse processo devem ser avaliados e pontos com grandes erros devem ser excluídos. O erro aceitável varia

de escala para escala e de acordo com a aplicação. ASPRS (op.cit.) apresenta valores requeridos de precisão para escalas diferentes. O erro quantificado envolvido nesse processo e as fontes de cada informação devem ser mencionados no mapa gerado.

É importante saber quantos mapas serão digitalizados porque disso depende o número de arquivos que serão utilizados, se um ou vários arquivos (um para cada mapa). Esse fato deve-se à lentidão no desempenho do computador, quando se regeneram os desenhos nos processos de ZOOM, e na capacidade de armazenamento dos mesmos. Caso sejam utilizados vários desenhos, é importante que os cantos dos mesmos sejam digitados de forma numérica com a maior precisão possível, para depois, quando se quiser juntar todos os desenhos em um único, não ocorra uma distorção ou diferença nos contatos dos mapas. No caso do AutoCAD nunca devem ser utilizadas coordenadas de tela para recortar um mapa em vários. É necessário digitar as coordenadas de corte, do contrário os pontos são capturados de um conjunto de 32.000 pontos de coordenadas de tela para se referir às coordenadas verdadeiras do arquivo, não obtendo coordenadas reais do desenho. Sempre devem ser utilizadas as opções de proximidade para executar os comandos de corte de mapas.

É importante também saber o tamanho da mesa digitalizadora caso se tenha uma grande preocupação com a precisão do desenho a ser digitalizado. Existe uma diferença entre o tamanho do desenho que o usuário informa ao CAD e o tamanho que é inserido pela mesa digitalizadora. Toda vez que se orienta o mapa na mesa, o CAD faz uma regressão tentando ajustar os dados da mesa aos do desenho. Esse processo é diferente a cada vez que se faz essa orientação, porque dificilmente se consegue escolher exatamente o mesmo ponto na mesa; logo, dificilmente, o CAD chega às mesmas coordenadas na regressão. O erro envolvido nesse processo é complicado de ser quantificado e corrigido. Quanto mais o mapa for reorientado na mesa, maior será esse erro. Os detalhes acima mencionados servem tanto para desenhos que serão digitalizados em partes, por não caberem de uma só vez na mesa, quanto para desenhos que são digitalizados em várias sessões. Recomenda-se que o processo de digitalização das informações mais precisas do mapa, como curvas de nível, contados geológicos, estradas, drenagens

¹ Entende-se por orientação o processo de relação entre o mapa, a mesa digitalizadora e o CAD.

e outras informações, seja executado em uma única sessão.

O tipo do papel em que o mapa se encontra também deve ser levado em consideração. Essa informação diz respeito às distorções envolvidas nos processos de fotocópias e cópias heliográficas, o que com certeza acarretará um erro importante para o mapa digitalizado. Conforme dito acima, quando ocorrer o processo de regressão dos dados da mesa para o CAD, haverá uma distorção, devido ao processo de reprodução. Recomenda-se fazer o processo de digitalização diretamente do original em papel vegetal ou poliéster sempre que possível. Nesse processo também é preciso considerar as distorções do papel devido à umidade.

As mesas digitalizadoras possuem precisões diferentes. Os dados de precisão encontram-se nos manuais que as acompanham e a marca/modelo a serem utilizadas devem ser selecionadas de acordo. Como regra geral, as mesas de menor tamanho possuem normalmente precisão menor. Mesmo a mesa tendo uma boa precisão, em alguns casos pode haver uma chave para configurar uma maior ou menor precisão.

III.3 - Escalas dos Dados

Quando se trabalha com dados em escalas diferentes, o CAD não vai aumentar a precisão dos dados nos processos de aumento de escalas. É preciso considerar-se que os dados terão a precisão de suas bases originais.

Ao se criar um desenho e fornecer seus limites, ou seja, suas coordenadas inferior esquerda e superior direita, o CAD ainda não tem estabelecida qual a escala de trabalho. Esse processo ocorre quando o mapa é orientado na mesa digitalizadora. É exatamente nesse momento que se passa ao CAD qual é a escala do desenho, pois o mesmo calculará a quantos centímetros ou milímetros corresponde o intervalo das coordenadas UTM dos cantos do mapa. Também é dessa forma que se pode mudar de escala em um mesmo desenho. Por exemplo, se a coordenada inferior esquerda for 7.000.000,700.000 e a superior direita 7.001.000,701.000 - tem-se uma área de 1.000 por 1.000 metros. Ao orientar-se um mapa dessa área na mesa digitalizadora em escala 1:10.000 o mesmo conterá 10 cm por 10 cm e o CAD interpretará a escala do mapa como sendo

1:10.000. Ao passo que se um mapa dessa mesma área contiver as dimensões de 20 cm por 20 cm, e for orientado na mesa digitalizadora, o CAD interpretará que esse mapa possui escala de 1:5.000.

III.4 - Otimização dos Níveis

As informações nos CAD's são organizadas em níveis diferentes. A organização desses níveis deve ser feita de forma lógica, com o objetivo de facilitar os processos de manipulação das informações neles contidas. Esses processos incluem congelamento, descongelamento, cores, tipos de traços, exportação das informações contidas em um determinado nível, plotagem, e todos os demais processos usuais no CAD.

Os nomes desses níveis devem ser bem objetivos e conter o máximo de informação possível para que um desenho possa ser manipulado a qualquer tempo com uma simples análise dos nomes dos níveis.

Em alguns CAD's é aconselhável o uso de números no início de seus nomes, principalmente para facilitar os processos de manipulação. A tabela 1 mostra um exemplo simplificado para o processo de organização de níveis de um mapa geológico.

Descrição dos Níveis	Intervalo de Números
Base cartográfica	000 ... 090
Contatos Geológicos	100 ... 190
Contatos por Falhas / Falhas	200 ... 290
Textos dos Litotipos	300 ... 390
Hachura dos Litotipos	400 ... 490
Símbolos	500 ... 590
Legenda	600 ... 690
Auxiliar	990

Tabela 1: Exemplo simplificado da organização dos níveis de informações para um mapa geológico.

O exemplo acima foi dado para CAD's onde os níveis possam ser tratados como números. Nestes casos, o processo de congelamento e descongelamento pode ser feito simplesmente digitando os intervalos dos números para que se visualizem as informações desejadas. É aconselhável utilizar uma numeração de 10 em 10,

para que novos níveis possam ser inseridos futuramente, em suas posições corretas.

No caso de CAD's que também utilizam nomes nos níveis, é recomendável que sejam nomes bem explicativos, devendo também ser considerada a utilização de números, principalmente porque a organização dos níveis é feita em ordem alfanumérica. Logo, suas informações serão dispostas em ordem numérica, que no caso corresponderá à uma divisão do tipo de informação contida em cada intervalo de números.

No exemplo simplificado de organização dos níveis mostrados na tabela 1, nota-se claramente uma distribuição dos níveis de forma lógica e também uma facilidade no processo de sua relação com as informações contidas nos mesmos. Também percebe-se uma relação do intervalo dos números dos níveis com sua informação e sua exibição no CAD de forma sequencial, sem misturar informações que não possuam relações. Esse tipo de organização é de fundamental importância em projetos com grandes volumes de dados, principalmente aqueles em andamento, onde novas informações podem ser inseridas.

III.5 - Escolha das Hachuras

A forma de hachurar os polígonos varia de um CAD para outro. No caso de programa de CAD que as hachuras ocupam um espaço em disco muito grande, é muito importante saber escolher o tipo de hachura a ser utilizado, para otimizar o espaço em disco e para que a hachura tenha relação com a informação que se deseja representar. O ideal pode ser criar um tipo de hachura, pois, frequentemente, as disponíveis na versão original são insuficientes e não retratam de forma ideal a informação que desejamos representar. Não se recomenda a criação de hachuras com muitos pontos, nem a utilização de hachuras muito densas. Nem sempre os domínios das informações devem ser hachurados, talvez um simples símbolo seja mais adequado que uma hachura. Em alguns programas de CAD uma boa forma de hachurar os polígonos é quebrar (*BREAK*) as polilinhas de contatos entre classes, em todas as interseções e chamar o comando de hachura, selecionando todos os segmentos relacionados ao polígono que se deseja hachurar. Utilizar o recurso de copiar linhas de interseção entre dois polígonos para tratá-los como se fossem fechados aumenta muito o espaço

em disco, deixando essa forma de hachura pouco otimizada.

A questão mais delicada talvez esteja relacionada à quebra das polilinhas nas interseções. Essa quebra e a união dos pontos de interseção nos contatos das classes devem ser feitas no CAD, sempre com os comandos de proximidade ativos, de acordo com a necessidade.

III.6 - Impressão dos Dados

A forma de saída dos dados deve ser estudada, desde o início do processo de digitalização, porque ela influenciará na escolha das hachuras e tamanho de símbolos, letras e traços. O problema da representação gráfica deve ser levado muito a sério. Bertin (1973) através da Semiologia Gráfica propõe que a linguagem gráfica é formada por variáveis da retina. Le Sann (1983), Ferreira & Simões (1987) e Weibel & Bittenfield (1992) fazem um resumo de algumas considerações sobre esse trabalho, onde os níveis de organização das variáveis da retina são descritos e exemplificados.

Os dados normalmente são enviados para impressoras matriciais ou laser, *plotters* de rolo ou mesa e *plotters* termais ou eletrostáticos. Para desenhos que serão fotocopiados, é muito importante escolher hachuras que não deixem os mapas ilegíveis. Em muitos casos o ideal consiste em utilizar símbolos e textos, sem hachuras densas. Em casos de desenhos coloridos, deve-se fazer um bom relacionamento das cores com os padrões de hachuras.

Sobre a precisão e qualidade dos dados no processo de impressão, é importante salientar que, de forma geral:

- impressoras matriciais não geram produtos com boa qualidade;
- impressoras a laser geram produtos de boa qualidade, embora em tamanhos pequenos, aproximadamente A4;
- impressoras e *plotters* a base de jato de tinta geram produtos de boa ou má qualidade, dependendo da precisão do equipamento. Já existem equipamentos nessa classe que geram desenhos coloridos de tamanhos até A0.
- os *plotters* de rolo já produzem desenhos maiores, podendo chegar a tamanhos superiores a A0, e podem também gerar produtos coloridos. Suas maiores desvantagens

consistem no tempo maior de plotagem e no deslocamento do desenho em mapas com muitas informações, gerado principalmente por falta de regulagem nos roletes que prendem o papel;

- os *plotters* de mesa podem chegar a tamanhos bem maiores que A0, também geram desenhos coloridos, e não ocasionam deslocamentos dos desenhos em mapas densos, dando uma boa precisão ao produto final. Também demandam um pouco de tempo para plotagem de mapas muito densos;
- os *plotters* termiais também produzem desenhos em tamanhos superiores a A0, são precisos e rápidos, porém podem utilizar no máximo duas cores;
- *Plotters* eletrostáticos talvez sejam a melhor opção, por serem precisos, gerarem desenhos coloridos, e poderem imprimir desenhos grandes rapidamente.

Para se obter produtos finais precisos e de boa qualidade necessita-se de equipamentos muito caros. Talvez uma boa saída para esse problema seja fazer o serviço de impressão externamente, a medida que vão surgindo "bureaus" especializados na venda de serviços de plotagem.

IV - Formas de Digitalização

Em linhas gerais, o processo de digitalização dos dados pode ser através de 3 formas: formato ASCII; escanerização e através da mesa digitalizadora. É difícil determinar qual o melhor método, pois um método eficiente em uma situação pode não o ser em outra. É necessário, porém, que se leve em consideração o tempo gasto para a entrada dos dados em cada método, o custo, a precisão, a disponibilidade de equipamentos e de programas.

Pretende-se dar a seguir uma breve explicação sobre esses três métodos, descrevendo-se com um pouco mais de detalhe o método de digitalização com utilização de mesa digitalizadora.

IV.1 - Formato ASCII.

Esta forma de entrar com os dados em programas de CAD é muito utilizada quando já se tem uma base digitalizada e se deseja entrar com

informações tais como símbolos, blocos ou dados que possam ser codificados e depois inseridos nos desenhos. Esse processo pode envolver, por exemplo, a passagem de medidas estruturais com seus respectivos ângulos e simbologias, a passagem de pontos de referências com textos associados, ou qualquer informação onde já se tenham as coordenadas X e Y e o seu atributo. Essas informações podem corresponder a dados de levantamentos geofísicos, geoquímicos ou topográficos.

Dados contidos em tabelas, que não estejam em formato digital, podem ser transferidos para o computador digitando-se as informações na forma tradicional ou escanerizando os dados e depois utilizando um programa de Reconhecimento Óptico de Caracteres (OCR) para transformá-los em caracteres ASCII.

Os programas de CAD estão cada vez mais interativos no processo de relacionamento de informações contidas no desenho com informações textuais ou numéricas, normalmente contidas em Gerenciadores de Banco de Dados (GBD). Esse relacionamento é importante quando temos informações sobre descrição de pontos ou mesmo informações numéricas que não precisam estar contidas nos mapas.

IV.2 - Escanerização

O processo de digitalização tem como objetivo a transformação dos dados cartográficos analógicos para um meio digital. A forma mais fácil de digitalizar é através da escanerização. Esse processo é semelhante ao de uma máquina de fotocópia, porém o resultado em vez de sair em um outro papel, sai em formato digital. Tal produto apresenta baixo custo e uma grande otimização do tempo na passagem de dados para o computador. Esse método não permite porém uma posterior mudança nas entidades que compõem o desenho, ou seja, textos, polilinhas, símbolos, etc..

Um processo que vem ganhando intensidade nos dias atuais, consiste na vetorização dos dados escanerizados. Tal processo individualiza as entidades do desenho e possibilita sua posterior edição. Esses dados vetorizados podem ser enviados diretamente para os SGI. Existem vários programas que vetorizam dados em formato raster, embora poucos possibilitem a

individualização de entidades no desenho durante o processo de vetorização.

Tomemos como exemplo uma carta topográfica, onde as curvas de nível aparecem em marrom e a drenagem em azul. Os programas de vetorização processam a imagem raster, sem levar em consideração o atributo cor, fazendo com que ocorra, uma grande interação entre o operador e o programa, para que sejam fornecidas informações sobre o atributo da polilinha que está sendo vetorizada. Por exemplo, na vetorização de uma curva de nível, ao ocorrer uma interseção com uma drenagem, o operador deve selecionar qual a linha que o programa deve seguir.

Guimarães Filho et. al. (1993) mostram uma técnica para facilitar o processo de vetorização com reconhecimento automático das entidades a serem vetorizadas, em mapas escanizados coloridos, utilizando processos de classificação supervisionada antes de efetuar a vetorização.

Futuros programas de vetorização devem levar em consideração o atributo cor, causando uma grande mudança nos procedimentos de entrada de dados, já que é este o principal atributo que a visão humana explora na interpretação dos dados contidos em mapas coloridos.

Com a evolução dos escanizadores e dos programas vetorizadores, esse método de entrada de dados será cada vez mais utilizado. Os erros operacionais gerados durante a entrada de dados serão reduzidos e o tempo gasto cada vez menor.

IV.3 - Mesa Digitalizadora

Através da mesa digitalizadora, os dados são capturados e passados para o computador utilizando-se comandos acionados pelo CAD. A mesa digitalizadora possui em sua base uma malha eletrônica onde junto com o cursor o programa de CAD fica sabendo a posição do mesmo na mesa. Retas são transferidas do mapa para o CAD digitalizando-se o primeiro e último ponto e curvas passando-se vagarosamente o cursor sobre a mesa e o mesmo vai capturando os pontos necessários para construí-la digitalmente. Os principais dados são passados em formas de textos, símbolos e polilinhas.

Os comandos utilizados nessa fase irão depender do tipo de entidade² a ser digitalizada. Para um acompanhamento do erro durante esse processo, o ideal consiste na colocação do mapa na mesa digitalizadora, execução do processo de orientação e digitalização das entidades em uma única sessão.

Se o erro operacional envolvido no processo de digitalização não for uma preocupação, pode-se utilizar o comando de entrada das polilinhas de ponto em ponto de forma manual. Caso o erro seja uma preocupação, sugere-se a utilização do comando de digitalização contínua de polilinhas via mesa, com a terceira opção da tabela 2 ou utilização da fórmula na figura 1.

Essa opção foi escolhida tomando-se como base o trabalho de Keefer et al. (1991), onde vários testes de digitalização foram feitos e seus erros foram apurados para precisões diferentes. Com grande precisão (pequena distância entre os segmentos), os arquivos magnéticos ficam muito grandes e com pequena precisão (grande distância entre os segmentos) o erro é muito grande.

Foi realizado um teste em um mapa com escala 1:50.000 e os valores de precisão 6.35 e 12.70 produziram segmentos muito próximos, onde pequenos desvios no cursor deixavam as linhas muito tremidas. Foi adotado o valor de distância de 25.40 metros, por produzir um erro provável, relativamente pequeno - para medidas em áreas de 1,0 a 1,7 % e perímetro de 1,2 a 3 % -. Outro motivo para adoção deste valor foi que o comando de digitalização contínua de polilinhas gera arquivos muito grandes, e pequenos valores geram arquivos volumosos.

V - Conclusões

O processo de digitalização dos dados envolve um estudo do *porquê* e do *para quê* os dados serão digitalizados. Esse estudo indicará os procedimentos para o controle da precisão e da qualidade dos mapas em formato digital. Para digitalizar polilinhas com utilização de mesa digitalizadora, a fórmula apresentada na figura 2 sintetiza uma boa opção, gerando um erro operacional, provável, relativamente pequeno.

² Entende-se por entidade dados como polilinhas, textos ou blocos que são tratados como pertencentes a uma mesma informação. Ex.: Uma curva de nível, uma linha de um texto ou uma medida estrutural.

Distância (Polegada)	Distância (Milímetro)	Milímetro X Escala* / 100	Desvio Padrão da Área em % $\alpha=0.025$ $\alpha=0.20$		Desvio Padrão do Perímetro em % $\alpha=0.025$ $\alpha=0.20$	
0.005	0.0127	6.35	0.118	0.207	0.089	0.179
0.010	0.0254	12.70	0.235	0.418	0.208	0.477
0.020	0.0508	25.40	0.492	0.832	0.588	1.498
0.040	0.1000	50.80	0.938	1.677	1.869	4.670

* Exemplo de um valor para Escala 1:50.000

Tabela 2: Testes de digitalização contínua de polilinhas via mesa, onde foram apurados os erros para várias precisões diferentes (Modificado de Keefer et. al. 1991).

$$\text{DISTÂNCIA} = \frac{\text{ESCALA} \times 0.0508}{100}$$

Figura 1: Distância a ser utilizada pelo comando de digitalização contínua de polilinhas via mesa.

É importante que os desenhos dos CAD's estejam aptos a enviar suas informações para outros programas, principalmente SGI's. Tal processo consiste em deixar as informações em formatos, se não compatíveis, quase compatíveis com esses programas.

Foram exemplificadas três formas de digitalização de dados: via formato ASCII, escanerização e via mesa digitalizadora. Ao que tudo indica, a segunda forma vem sendo cada vez mais utilizada e fará com que esse processo seja cada vez mais rápido e preciso. Quando os programas de vetorização estiverem processando imagens escanerizadas coloridas, provavelmente este processo será o mais utilizado e o mais recomendável. Contudo, a mesa digitalizadora ainda tem seu lugar, principalmente para digitalização de dados em mapas que ainda não estão em sua arte final.

Considerações como: equipamento utilizado, fontes e escalas dos dados, organização dos níveis e dos símbolos, padrões de hachura e impressão dos dados, são de fundamental importância para gerar mapas otimizados, principalmente para facilitar tanto o processo de manutenção dos mapas digitalizados, quanto para as etapas necessárias para enviar esses dados para outros programas mais especializados como SIG's.

VI Agradecimentos

O primeiro autor, H. A. Guimarães Fº, agradece à Fundação de Amparo à Pesquisa no Estado de São Paulo (FAPESP) pela bolsa de mestrado recebida.

VI - Referências Bibliográficas

- ASPRS (American Society for Photogrammetry and Remote Sensing) Accuracy Standards for Large-Scale Maps. Aproval By the ASPRS Professional Practicing Division, March, 1990, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 1068-1070, 1989.
- R. Weibel, B.P. Bottenfield, Improvement of GIS graphics for analysis and decision making. *International Journal of Geographical Information Systems*, 6(3):223-245.
- J.G. Le Sann, Documento cartográfico: considerações gerais, *Geografia e Ensino* 3 3-17, 1983.
- H.A. Guimarães Filho, C.R. Franca e A.P. Crósta, Reconhecimento automático de entidades em mapas escanerizados, *Boletim de Resumos, VII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 1993.
- J. Keefer, J.L. Smith and T.G. Gregoire, Modeling and evaluating the effects of stream mode digitizing errors on map variables, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 7 (57) 957-963, 1991.
- C.C. Ferreira e N.N. Simões, *Tratamento estatístico e gráfico em geografia*, 2 ed. Lisboa, Gradiva Publicações, 151 p. 1987.