A importância dos metadados no uso das Geotecnologias e na difusão da Cartografia Digital

Ana Clara Mourão Moura
Prof. Departamento de Cartografia – IGC/UFMG
Av. Antônio Carlos 6627 – Pampulha – BH/MG
anaclara@ufmg.br

1. Definição de Metadados - Introdução

O objetivo do presente artigo é destacar a importância que os metadados têm na difusão e utilização de recursos de geoprocessamento. Em uma época em que os dados digitais são amplamente distribuídos e que os veículos de comunicação tornaram o acesso às informações muito facilitado, é fundamental o estabelecimento de um código compartilhado ou mesmo um conjunto de critérios que favoreçam o fácil reconhecimento sobre as características dos dados. Só diante destas informações o usuário poderá escolher os dados com consciência de suas limitações e potencialidades.

Metadados são definidos como "dados sobre os dados". São modelos de representação ou abstração dos dados, com o objetivo de descrição da coleção e identificação das características de cada componente da coleção. Os metadados têm um papel muito importante na administração de dados, pois é a partir deles que as informações serão selecionadas, processadas, e consultadas.

James Turner (2004) associa o conceito de metadados a um conjunto estruturado de informações que descrevem uma fonte de dados. Os metadados servem para descrever e estruturar, de maneira estável e uniforme, a informação registrada sob diferentes suportes documentais, que podem ser um documento textual, artefatos, material visual, no material sonoro, na pintura, na iconografia, entre outros. O objetivo é facilitar a gestão do uso das informações. O autor explica que o prefixo "meta" vem do grego e significa "após" ou "o que ultrapassa, que engloba", ele designa uma noção que sucede a uma outra.

Embora o termo metadado hoje seja mais utilizado no ambiente dos Sistemas de Informações e da Tecnologia da Informação, o seu real conceito é bem mais amplo, pois é compreendido com informação estruturada que descreve esquemas de dados ou informação.

Segundo Borbinha e Freire (2002): "*pode-se considerar que os metadados são informação que resume, enriquece ou complementa os objetos ou serviços referenciados, produzindo assim um potencial incremento de informação*." Os autores destacam que há muita confusão sobre o termo, pois ele é utilizado em diferentes contextos e por diferentes grupos profissionais.

O *site* DataWarehouse (2005) relata que desde que surgiram os bancos de dados se fala sobre a importância da documentação dos sistemas e dos próprios bancos. As Corporações estão exigindo cada vez mais funcionalidades dos sistemas de TI (Tecnologia da Informação), e os repositórios de dados DW (*Data Warehouse*)

precisam conter metadados com as funções de gerenciar todo e qualquer processo relativo ao manuseio a manutenção da coleção de dados armazenados.

Segundo Turner (op. cit.) existem diferentes tipos de metadados, desenvolvidos em função dos objetivos que se pretende alcançar. O denominador comum nos metadados é a função de controle físico e intelectual dos documentos, visando à acessibilidade imediata e futura.

A utilização dos metadados é ampla: ela se aplica a diferentes situações sempre que um grupo de usuários necessita reconhecer as características de uma parte no todo. Assim, é fundamental que cada grupo de usuários estabeleça um código ou uma linguagem comum, a ser compartilhada, para que o registro sobre as características de um dado na coleção seja compreensível pelo grupo, que poderá então realizar escolhas adequadas sobre as informações ou produtos desejados.

No presente artigo temos como objetivo relatar a importância dos "dados sobre dados" na coleção cartográfica, sobretudo com a explosão das tecnologias de cartografia digital e a poder adquirido pelos veículos de comunicação que disponibilizam na rede mundial de computadores uma coleção de informações cartográficas nunca antes imaginável.

A proposta de inserção de metadados em geoprocessamento vai além do gerenciamento de informações sobre as fontes cartográficas e bancos de dados alfanuméricos, mas se aplica também aos SIGs (Sistemas de Informações Geográficas ou Sistemas de Informações Georreferenciadas). A função de metadados em geoprocessamento é a transmissão das informações fundamentais sobre os dados, objetivando que o possa realizar suas escolhas sabendo de suas limitações e potencialidades.

Alguns autores defendem que a multiplicidade de aplicativos de geoprocessamento disponível no mercado coloca para os usuários o desafio de gerenciar ferramentas em diferentes sistemas. Diante disto, há quem defenda o estabelecimento de uma linguagem-padrão para o manuseio e seleção de dados, assim como para a construção de consultas. Soares e Salgado (1999), por exemplo, propõem que seja construída uma linguagem-padrão, baseada em sistema de sinais e comunicação gráfica (Linguagens de Consultas Visuais - LCV), com o objetivo de transmitir de modo eficaz informações sobre os dados geográficos disponíveis, a forma de estruturação dos dados internamente, a linguagem de consulta e como definir as sentenças de consulta nesta linguagem. As autoras defendem a idéia de criação de um Padrões de Metadados Espaciais e uma Linguagem de Consulta Espacial para definir um Padrão Visual de Dados Espaciais, o *GeoVisual Standard* (Geographic DataVisual Standard) e justificam a necessidade:

> *"A área de Interfaces para Sistemas de Informações Geográficas (SIG) requer ainda muita pesquisa e esforço no desenvolvimento de novas tecnologias para melhorar seu uso efetivo. Um aspecto importante a ser considerado neste contexto é a necessidade de uma linguagem de consulta visual que permita que os usuários possam pensar graficamente, enquanto formulam suas consultas. É muito difícil para um usuário típico de SIG formular consultas utilizando operadores espaciais complexos e suas entidades relacionadas, tudo de forma textual."*

Segundo as autoras (op. cit.) o *Federal Geographic Data Committee* (FGDC) adotou um padrão de conteúdo para metadados, o *Content Standard for Digital Geospatial Metadata* (CSDGM), que é um padrão de metadados espaciais desenvolvido para suportar a *National Spatial Data Infrastructure*. Este padrão provê um mecanismo consistente e formal para a descrição das características dos dados, e uma maneira dos usuários saberem quais os tipos de dados disponíveis, se os dados atendem as suas expectativas, onde encontrar estes dados e como acessá-los. As principais sub-divisões do CSDGM são:

- *Identification Information*: Título do conjunto de dados, área coberta, palavras-chave, propósito, resumo, restrições de acesso e de uso.
- *Data Quality Information*: Correta localização horizontal e vertical, características inerentes à qualidade da informação.
- *Spatial Data Organization Information*: Dados tipos raster, vetor, ou uma ligação indireta à sua localização.
- *Spatial Reference Information*: Latitude, longitude, sistema de coordenadas ou projeção de mapa.
- *Entity and Attribute Information*: Definições e atributos do conjunto de dados.
- *Distribution Information*: Distribuidor, formato dos arquivos de dados, tipos de mídia off-line, ligação para os dados on-line, taxas.
- *Metadata Reference Information*: Quem criou os metadados e quando.

A expectativa é que cada componenente do SIG, cada entidade espacial, seja descrita segundo todas as suas características, auxiliando o usuário na sua escolha e correta utilização. O sistema deve gerar arquivos de descrição de metadados ou simplesmente arquivos de metadados.

O principal objetivo do presente artigo é relatar para os leitores a importância da criação e utilização de metadados, assim como os riscos gerados pelo uso indiscriminado de dados digitais, sobretudo a Cartografia Digital, sem que se obtenha um mínimo de informações sobre eles. Entre os perigos de falta de conhecimento na utilização de bases cartográficas digitais, destacamos os aspectos:

- Fonte (autoria, data de elaboração e data da fonte das informações)
- Escala (a escala da fonte e seu armazenamento na cartografia digital)
- Sistema de projeções e coordenadas (originais e empregadas)
- Metodologia empregada na construção do produto digital
- Modo de armazenamento do dado e emprego nas análises espaciais
- Informações sobre os atributos associados
- Informações sobre os formatos de distribuição dos dados
- Informações sobre o uso adequado de aplicativos em geoprocessamento, que embora não façam parte das necessidades básicas de informações para metadados, são conhecimento fundamental para a escolha por determinados produtos e definição de procedimentos metodológicos na utilização de dados georreferenciados.

2. Taxonomias, ontologias ou metadados?

As taxonomias (ou taxionomias) não devem ser confundidas com metadados, pois elas são simplesmente formas de ontologias. Ontologias, por sua vez, são intenções de se tratar o ser como tendo uma natureza comum que é inerente a todos e a cada um dos seres.

A taxonomia é a ciência da classificação. Em cartografia, quando se elabora um mapeamento temático de tipo de cobertura vegetal, por exemplo, a composição de legenda é uma classificação de tipos de cobertura vegetal possíveis naquele território. Já a aplicação da ontologia na cartografia pode ser explicada pela classificação realizada na definição da nomenclatura do mapa. Nenhum deles é metadado, mas nos exemplos empregados a taxonomia é a definição de tipologias de mapeamento e a ontologia é o reconhecimento da posição de um mapa no conjunto da Cartografia Sistemática Nacional.

Contudo, as ontologias na coleção cartográfica cumprem a função da identificação do indivíduo no todo, e devem fazer parte das informações a serem registradas nos metadados sobre os mapas. Cabe, portanto, explicar o significado da nomenclatura e sua função para a localização das áreas e escalas de mapeamento disponíveis.

A cartografia básica "*compõe-se de cartas sistemáticas e especiais. A Cartografia Sistemática tem por finalidade a representação de um espaço territorial por meio de cartas elaboradas segundo padrões cartográficos oficiais. São séries de cartas gerais, contínuas, homogêneas e articuladas.*" (EMPLASA, 1993:9).

A identificação de uma carta ou mapa na coleção da Cartografia Sistemática é denominada "Nomenclatura". A definição da Nomenclatura parte da "Carta Internacional do Mundo ao Milionésimo", que é um esquema de articulações em escala 1:1.000.000 que fornece informações sobre a posição da área mapeada, padronizando referências cartográficas.

O sistema de referências abrange uma área de 4º de latitude por 6 º de longitude, faixa que corresponde à divisão do globo em coordenadas UTM. As divisões vão até os paralelos 88 º sul e norte. As zonas são denominadas pelas letras de A até V, partindo do Equador em direção aos pólos. A calotas polares recebem a letra Z.

Assim, a identificação de uma carta na escala de 1:1.000.000 no globo é dada por duas letras que informam a latitude e por um número que informa a longitude. No caso de uma área que contenha a cidade de Belo Horizonte, por exemplo, as letras relativas à latitude são SE – a sul do Equador e na faixa E (entre as latitudes 16 e 20 graus, pois cada letra de A a D corresponde a 4 graus); e a informação que identifica a longitude é o número 23, pois é a faixa 23 de UTM (entre as longitudes de 48 e 42 graus Oeste). A Nomenclatura para esta carta é SE 23.

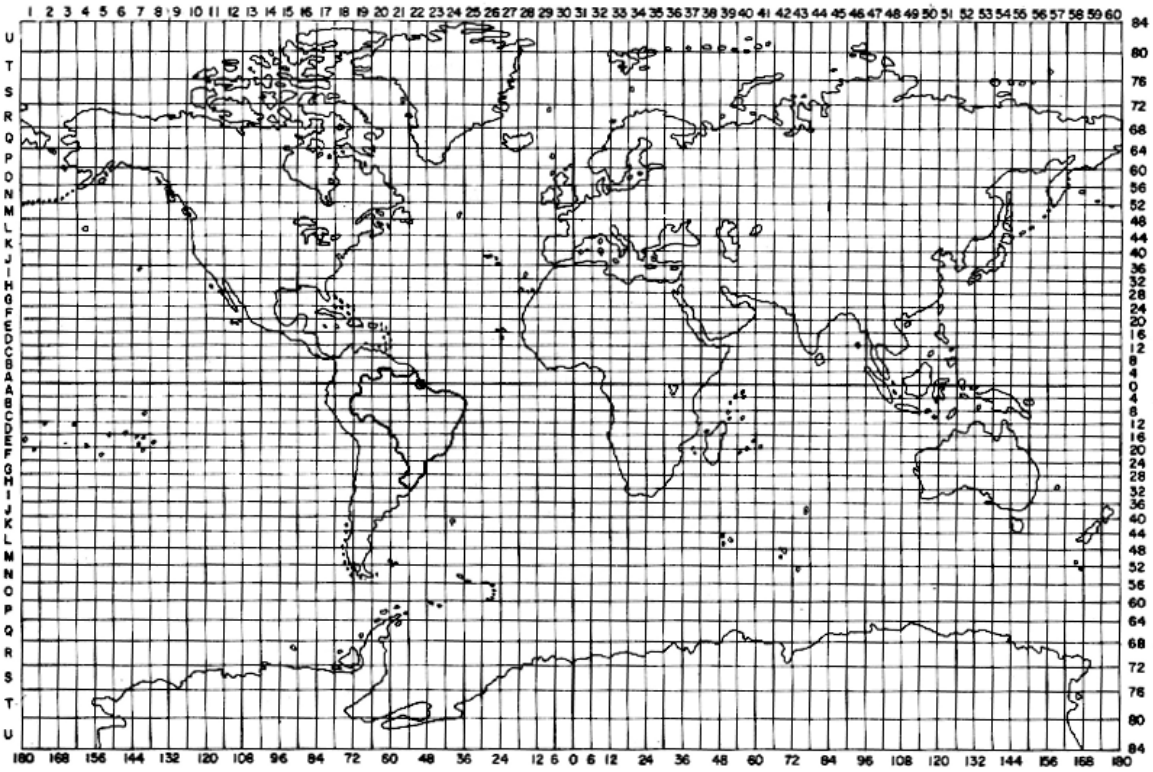


Figura 1 - Carta Internacional do Mundo ao Milionésimo - Fonte: EMPLASA, Sistema Cartográfico Metropolitano, Governo do Estado de São Paulo, 1993:10.

No Brasil há 46 cartas em escala 1: 1.000.000 que recobrem todo o território nacional. As cartas na escala do milionésimo que compõem a coleção brasileira são:

Aracaju	SC 24	Maceió	NA 22
Araguaia	SB 22	Manaus	SA 20
Assuncion	SG 21	Natal	SB 25
Belém	SA 22	Paranapanema	SF 22
Belo Horizonte	SE 23	Pico da Neblina	NA 19
Boa Vista	NA 20	Porto Alegre	SH 22
Brasília	SD 23	Purus	SB 20
Contamana	SC 18	Rio Apa	SF 21
Corumbá	SE 21	Rio Branco	SC 19
Cuiabá	SD 21	Rio de Janeiro	SF 23
Curitiba	SG 22	Rio Doce	SE 24
Fortaleza	SA 24	Rio São Francisco	SC 23
Giânia	SE 22	Recife	SC 25
Goiás	SD 22	Roraima	NB 20
Guaporé	SD 20	Salvador	SD 24
Iça	SA 19	Santarém	SA 21
Iguapé	SG 23	São Luís	SA 23
Jaguaribe	SB 24	Tapajós	SB 21
Javari	SB 18	Teresina	SB 23
Juruá	SB 19	Tocantins	SC 22
Juruema	SC 21	Tumucumaque	NA 21
Lagoa Mirim	SI 22	Uruguaiana	SH 21
Macapá	NA 22	Vitória	SF 24

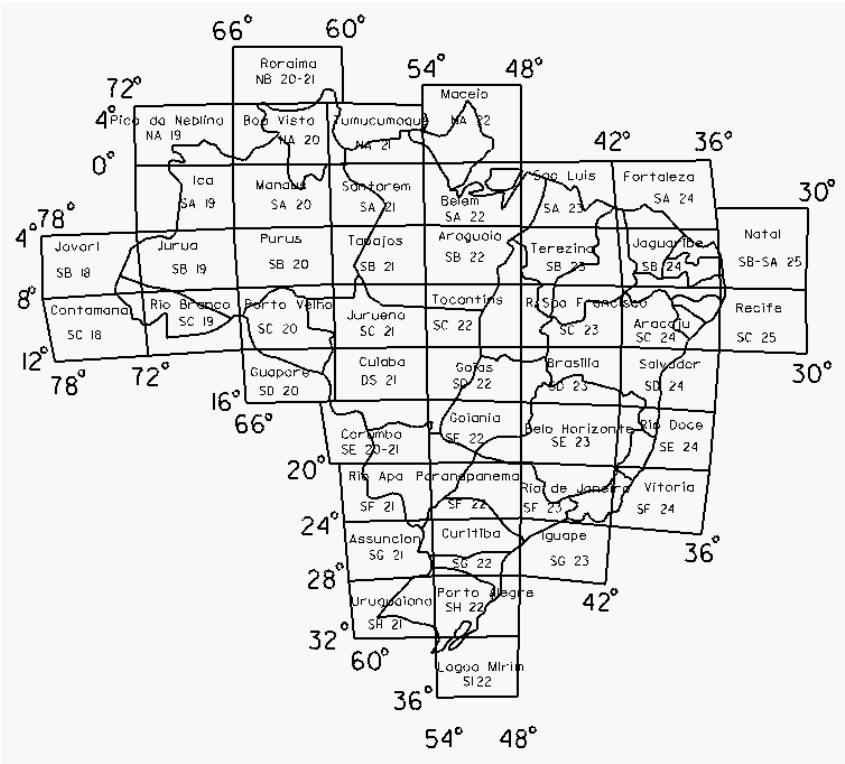


Figura 2 - Distribuição das Cartas ao Milionésimo no Brasil

A partir da escala 1:1.000.000 (6 graus em longitude, 4 graus em latitude) as cartas são divididas em 4 para conformarem as representações em escala 1:500.000 (3 graus em longitude, 2 graus em latitude), que também se dividem em 4 para conformarem as cartas 1:250.000 (1 grau e 30 minutos em longitude, 1 grau em latitude), que por sua vez se dividem em 6 para conformarem os mapas de 1:100.000 (30 minutos em longitude, 30 minutos em latitude), que se dividem em 4 para conformarem os mapas 1:50.000 (15 minutos em longitude, 15 minutos em latitude) e daí por diante. Para que seja mais bem compreendida a distribuição das representações e das escalas na Cartografia Sistemática, é apresentado o esquema a seguir.

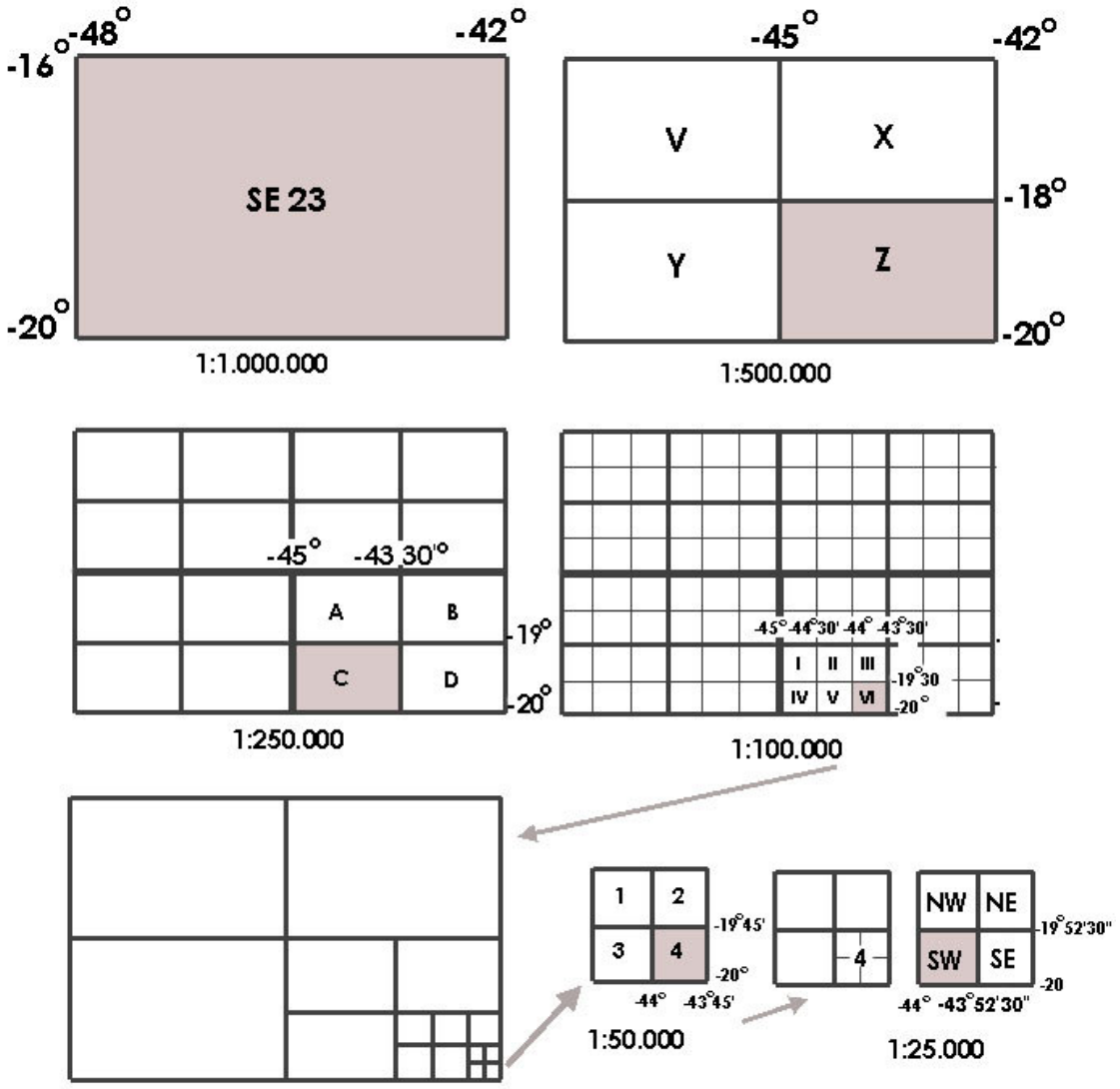


Figura 3 – Construção da Nomenclatura

Exemplo de definição de nomenclatura para Belo Horizonte, que se encontra na latitude –19 graus e 55 minutos e na longitude –43 graus e 57 minutos:
Escala 1:1.000.000 – SE23
Escala 1:500.000 – SE23-Z
Escala 1:250.000 – SE23-Z-C
Escala 1:100.000 – SE23-Z-C-VI
Escala 1:50.000 – SE23-Z-C-VI-4
Escala 1:25.000 – SE23-Z-C-VI-4-SW

O conhecimento da nomenclatura auxilia na identificação da posição d a área do globo representada, assim como de sua escala de representação. Ela não pode ser considerada um metadado, pois é na verdade uma ontologia, mas é uma das informações de interesse para se registrar no conjunto de dados a serem arquivados sobre um produto cartográfico ou a fonte de uma cartografia digital.

3. Os desafios das geotecnologias

As ciências espaciais encontram-se em uma fase em que os recursos disponíveis para as análises e interpretações apresentam grande avanço, tornando-se a tônica das pesquisas hoje realizadas. Contudo, observa-se a supervalorização dos meios em detrimento dos fins, e pouca preocupação com a metodologia de trabalho adotada e, principalmente, com a adequação do pensamento científico às tendências e exigências da era pós-moderna.

Em muitos estudos para os quais foi organizada coleção de mapas e foram montados Sistemas Informativos Geográficos, observa-se o uso de novas ferramentas, mas a aplicação de um pensamento já ultrapassado de visão estanque das variáveis, perdendo a oportunidade de dar um passo a mais na busca de correlações de variáveis para melhor caracterização da realidade espacial.

A imensa coleção de dados hoje disponível é, na verdade, um labirinto de informações que muitas vezes não significa ganho de conhecimento nas análises espaciais. Muitos sistemas são, na verdade, "bando de dados" e não "banco de dados".

3.1. O conhecimento em Cartografia

O impressionante poder da comunicação e, mais especificamente, da informação, têm sido responsáveis por surpreendentes transformações neste século. Com o processo de globalização em amplo sentido - tanto no campo da economia como na definição de novas fronteiras - colocando a variável "espaço" como fundamental na nova percepção de mundo, a cartografia, como forma de representação da espacialização de fenômenos, assume um papel de grande importância entre muitas áreas do conhecimento científico. A representação de fenômenos espaciais é, hoje, ponto de partida para a tomada de decisões e definições de estratégias de ação em vários campos das que têm sido denominadas "ciências espaciais". Entre elas, podemos citar as engenharias, o urbanismo, a arquitetura, a biologia, geologia, geografia, economia, sociologia e a medicina tropical. Profissionais das mais diferentes áreas buscam a ferramenta para estudo das correlações espaciais de variáveis. A variável "espaço" ocupa hoje posição de destaque nas abordagens científicas.

Em função da ênfase nas questões espaciais, o expressivo desenvolvimento da informática apresenta os recursos do Geoprocessamento, aplicado tanto na organização e elaboração de bancos de dados cartográficos e alfanuméricos (Cartografia Digital), como nos recursos básicos de inter-relação entre esses os dados (*Desktop Mapping*), ou mesmo no estudo das relações topológicas (Sistemas de Informações Geográficas). Tendo em vista a expressiva gama de softwares hoje disponíveis no mercado, é importante conhecermos suas limitações e potencialidades, procurando classificá-los entre os três grupos aqui mencionados. A cartografia digital pode ser elaborada com os recursos de um CAD - *Computer Aided Design*, já apresentando as vantagens do trabalho em níveis de informação, da construção de mapas em escala real (1:1) e da precisão que se pode obter da elaboração de mapas e cálculo de áreas. Avançando um pouco no caminho de um geoprocessamento completo, temos os recursos do "*Desktop Mapping*", também conhecido por "*Computer Mapping*", que apresentará a possibilidade de associação de dados cartográficos a alfanuméricos, assim como a geração de cartas temáticas básicas resultantes das consultas de informações no banco

de dados. No "topo de linha" estão os SIGs- Sistemas de Informações Geográficas, apresentando os recursos existentes nos CADs, nos *Desktop Mappings*, e acrescentando a possibilidade de se trabalhar com relações topológicas, ou seja, mapeamento de informações espaciais resultantes de relações que vêm da matemática dos conjuntos (intercessão, união, vizinhança...). Apresentando um exemplo bastante simples do que vem a ser trabalhar com os recursos de relações topológicas, temos: em um mapeamento são representadas informações sobre uma mancha de expressiva cobertura vegetal e, além disto, sobre áreas de declividade acima de 30%, é possível elaborar um mapa temático que resulte da intercessão entre as manchas de cobertura vegetal e de declividades; pode-se dizer que o software apresenta recursos de "inteligência espacial", pois ele irá gerar novo elemento gráfico a partir dos já existentes.

Destaca-se, ainda, como principal ferramenta dos SIGs a existência de modelos de análise espacial que permitem não somente recuperar informações de um banco de dados, mas sobretudo gerar informações antes não visualizáveis. Os aplicativos de melhores recursos entre os SIGs são aqueles abertos à formulação de novos modelos de análise espacial, ou seja: que atuam como *Expert Information Systems* – sistemas de informações elaborados pelo conhecimento especialista, que se destinam a responder questões tais como: *"What if?"* – a construção de predições e cenários.

A diferenciação entre um *Desktop Mapping* e um SIG está no fato de que o primeiro se destina a responder a duas perguntas básicas, obtidas da consulta do banco de dados: *"Tal característica, onde está localizada*?" ou "*Em tal lugar, qual é a característica*?". Por outro lado, na utilização de SIGs, segundo Tomlin (1990, p.194) *"... descrições sobre **o quê** podem ser expressas em termos de observações-padrão, e medições podem ser acrescidas de interpretações mais detalhadas de **como**.*"

É importante que o usuário saiba em que grupo suas ferramentas de trabalho se encaixam, assim como faça a devida escolha ao determinar os recursos que realmente serão necessários para seu mapeamento, tendo em vista os conceitos de planejamento sustentável. Desta forma, aconselha-se:

- O melhor *software* é aquele que o usuário domina e consegue explorar a maioria de seus recursos;
- Ao dimensionar uma compra, o usuário deve ter bastante clara qual a metodologia de trabalho e os objetivos no uso do geoprocessamento, para não correr o risco de supervalorizar os meios em detrimento dos fins;
- Hoje se trabalha dentro dos conceitos de Planejamento Sustentável, ou seja: a adequação dos investimentos aos produtos a serem obtidos.

Destaca-se, portanto, que o principal passo na montagem de um sistema é o desenvolvimento de uma boa metodologia de organização e manipulação de dados espaciais.

Antes dos recursos da Cartografia Digital, a cartografia usada em relatórios técnicos, dissertações e teses poderia ser caracterizada como "croquis", e não como mapas. Acreditava-se que, com o desenvolvimento da informática e ampla divulgação dos CADs, que conseguiríamos substituir os croquis por mapas realizados com mais critérios e, conseqüentemente, que as medições e cálculos poderiam estão apresentar alta confiabilidade.

Contudo, de nada adianta contar com os recursos da tecnologia se não forem devidamente estabelecidos os métodos na elaboração dos produtos cartográficos. O que se observa é a utilização dos recursos de CAD na elaboração de "croquis" sobre dados espaciais. A maioria dos erros observados nos mapas que temos tido a oportunidade de analisar são os seguintes:

- A expressiva difusão do uso dos softwares de CAD e Geoprocessamento entre profissionais que não passaram por treinamento básico em Cartografia, Geodésia e Topografia;
- A falta de conhecimento sobre as limitações nas exatidões dos dados;
- A falta de fontes cartográficas atualizadas em escalas adequadas, ou mesmo em formato digital.

Inicialmente, observemos os currículos dos cursos de graduação, ou mesmo de pós-graduação, dos profissionais que hoje se envolvem com a análise de questões espaciais. Poucos são aqueles que foram instrumentalizados no uso da Cartografia, e que receberam informações que são fundamentais para que o mapa não seja visto como mero "desenho" ou "croqui".

Na falta de informações, associada à falta de fontes de dados atualizados e confiáveis, são comuns problemas do tipo:

- Ampliação de fontes cartográficas;
- Falta de fontes cartográficas em escalas adequadas e em formato digital;
- Desinformação no uso de escala;
- Falta de conhecimento dos sistemas de coordenadas;
- Desconhecimento da Semiologia Gráfica;
- A visão em terceira e quarta dimensões;
- A falta de metodologia adequada para abordagem plural e correlações de variáveis;

3.2. O controle de precisão e confiabilidade de dados - a ampliação de fontes cartográficas

Na falta de bases cartográficas, é comum empresas que desenvolvem consultorias em análises de dados espaciais ampliarem mapas em escala menor (ex.: os mapas topográficos do IBGE, esc. 1:100.000), e naquele produto ampliado elaborar cartas temáticas, realizar cálculos de áreas, etc. (ex.: o produto já ampliado em escala 1:10.000). Ao utilizar esta metodologia de elaboração de dados, estão se esquecendo de um conceito muito importante: o PEC - Padrão de Exatidão Cartográfica.

O PEC - Padrão de Exatidão Cartográfica - estabelece um limite admissível de erro que um mapa pode apresentar, segundo o padrão do mapa. Em planimetria, para mapas de padrão "A" ele é definido como 0.2mm na escala do mapa, enquanto que em altimetria ele é definido como metade do valor da curva de nível. Este valor é de 0.5mm na escala do mapa para o padrão "B" e de 0.8mm para o padrão "C".

Por exemplo: Tendo um mapa em escala 1:100.000, 0.2mm nesta escala corresponde a 20 m da realidade, logo, o mapa, ainda que elaborado com bastante cuidado, pode chegar a apresentar erro de até 20 metros! Do mesmo modo, um mapa em escala

1:10.000 pode chegar a ter erro de até 2 metros em planimetria. Já se um mapa apresenta curvas de nível com eqüidistância de 10 metros, o erro em altimetria pode chegar a até 5 metros, e um mapa com curvas de 50 em 50 metros pode apresentar erro altimétrico de até 25 metros !!

É claro que estes erros devem ser analisados segundo os objetivos e o grau de precisão esperados em um trabalho. O que se questiona é até que ponto os usuários, ao elaborarem em suas bases cartográficas e realizarem seus cálculos, têm consciência dos erros já embutidos no próprio mapa-fonte. As limitações aqui destacadas tornam-se ainda mais problemáticas quando o usuário, não satisfeito com a escala dos mapas utilizados como fonte, amplia o mesmo e passa a trabalhar em escala maior. Ao erro já existente no mapa original são então somados os erros resultantes da ampliação e, por mais cuidadoso que seja o desenhista, ele pode ainda cometer erro de 0.2 mm no desenho.

Um exemplo por nós analisado: em um diagnóstico ambiental da construção de uma barragem, foi lançada a linha do limite da área de inundação, adotando como fonte da base cartográfica um trecho de mapa topográfico do IBGE em escala 1:100.000. O consultor que organizou o mapa, ao escolher a fonte de dados cartográficos, deveria, inicialmente, decidir se um erro de 20 m seria admissível para o tipo de diagnóstico que ele se propunha a elaborar. Em seguida, o pesquisador ampliou, em copiadora, o mapa fonte para a escala de 1:10.000. O mapa foi ampliado 10 vezes e, com ele, o erro embutido dentro do padrão de exatidão cartográfica. Ao lançar a linha da área de inundação, foi embutido, mais uma vez, um erro mínimo de desenho, que se incorpora aos erros que já incidiam sobre o mapa. Ao final do processo, pergunta-se: o erro somado é inexpressivo dentro do contexto? Quando da elaboração dos processos de retirada de edificações na faixa de domínio, e conseqüente indenização, qual o grau de precisão esperado? Uma vez discutidas essas limitações com o consultor, foi abordada uma outra limitação no uso de produtos cartográficos no Brasil: a falta de fontes em escalas adequadas, assim como a falta de fontes em formato digital.

3.3. A falta de fontes cartográficas em escalas adequadas e em formato digital

No momento em que o geoprocessamento traz os recursos da cartografia elaborada com alta qualidade tecnológica, este avanço ainda apresenta limitações que estão diretamente ligadas à falta de recursos: a dificuldade em se obter produtos cartográficos atualizados, devido aos custos ainda significativos, assim como a quase inexistência de dados em formato digital. São raros os municípios que, mesmo dispondo de bancos de dados cartográficos em formato digital, os colocam de modo acessível a pesquisadores e usuários em geral, através da compra de produtos que não sejam em papel. O mais comum é termos que digitalizar ou capturar por scanner e vetorizar dados, somando aos erros do padrão de exatidão cartográfica já existentes os novos erros resultantes de novo trabalho elaborado a partir da fonte em papel.

Em alguns casos, o mapa continuará sendo trabalhado na forma e com o grau de imprecisão de croquis, mas quando a precisão for uma exigência, as metodologias de digitalização devem ser mais bem observadas.

3.4. A desinformação no uso da escala

Notamos, em alguns mapas recebidos em formato digital que, em sua maioria, por pesquisadores da área de engenharia e urbanismo, vícios relativos ao conceito de escala. Em geral, os primeiros pesquisadores ou técnicos que se dispuseram a elaborar mapas em formato digital já apresentavam experiência em desenho de edificações, loteamentos, etc (desenho técnico) com o uso de CADs. Vinham, portanto, com referências metodológicas em que adotavam, sempre, o desenho em alguma escala específica: 1:1.000, 1:5.000, etc. Ao recebermos, portanto, alguns mapas em formatos digitais, tinham a surpresa de já recebê-los em alguma escala específica, e não no que é padrão em Cartografia Digital. Em cartografia digital o mapa deve ser sempre organizado em escala 1:1, independentemente da escala da fonte dados, e só nos preocupamos em definir algum fator de escala quando vamos realizar o "*output*" através da plotagem, em função do formato desejado para o mapa.

Contudo, o fato do mapa ser armazenado em escala 1:1 não significa que a precisão é melhorada, pois ela está vinculada à fonte utilizada no processo de digitação da informação. No desenho a seguir a mesma informação - o limite administrativo entre Minas Gerais e Rio de Janeiro - é representado a partir de fontes de escalas diferentes, e que se observa é a expressiva diferença de representação. A construção de metadados sobre os mapas tem a função de explicitar, por exemplo, as fontes originais dos dados, de modo que o usuário possa escolher os produtos a serem utilizados segundo o grau de erro aceitável para a sua aplicação.

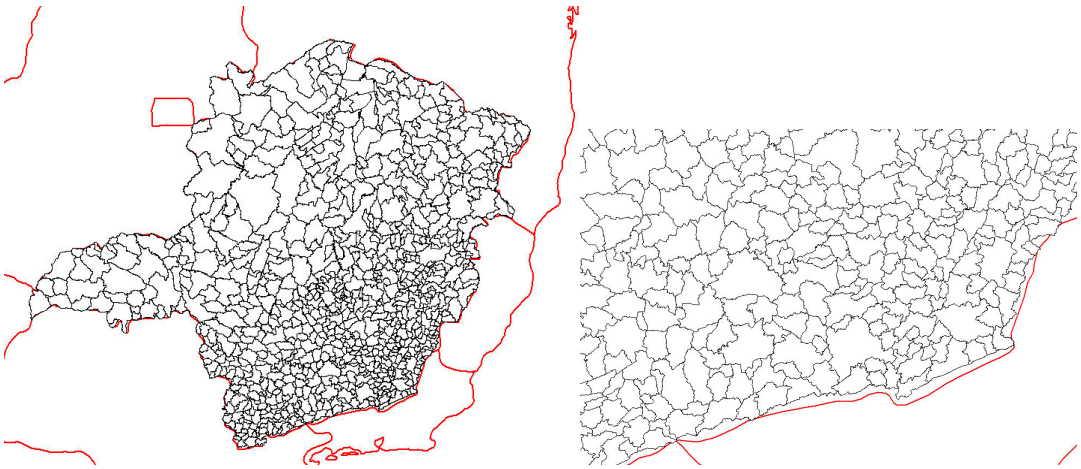


Figura 4 – Representação de limite administrativo em diferentes escalas – visão global e detalhe

3.5. A falta de conhecimento dos sistemas de coordenadas

Observa-se em produtos digitais a falta de preocupação em organizar dados de modo georreferenciado, ou seja, trabalhados dentro de algum sistema de coordenadas conhecido. Quando o produto digital é trabalhado de modo georreferenciado, pode-se, tranqüilamente, somar dados, detalhar uma área, trabalhar com arquivos de referência que automaticamente se encaixam em suas corretas posições geográficas.

Um dos problemas mais comuns observados referem-se à falta de conhecimento das limitações do sistema UTM, hoje o preferido entre os sistemas de coordenadas planas. Muitos usuários de geoprocessamento não sabem que o sistema UTM se adequa a mapeamento de áreas não muito extensas, dentro dos limites de uma faixa de 6 graus, e

que dentro desta faixa, determinada pelo Meridiano Central, serão usados como referências os valores de 10.000 km ou 10.000.000 m a partir do Equador, valor que diminui no sentido sul, e de 500.000 na posição do Meridiano Central, valor que aumenta no sentido leste. Desta forma, eu posso ter os mesmos valores x/y em diferentes posições no globo, caso esteja mapeamento em posições de Meridianos Centrais diferentes. No caso de elaboração de um mapa de todo o estado de Minas Gerais, por exemplo, não seria possível usar o sistema UTM , uma vez que pelo Estado passam três meridianos (51, 45 e 39 graus). Caso fosse adotado o sistema de coordenadas UTM os produtos cartográficos deveriam ser organizados na forma de cartografia sistemática, ou seja: em faixas armazenadas separadamente.

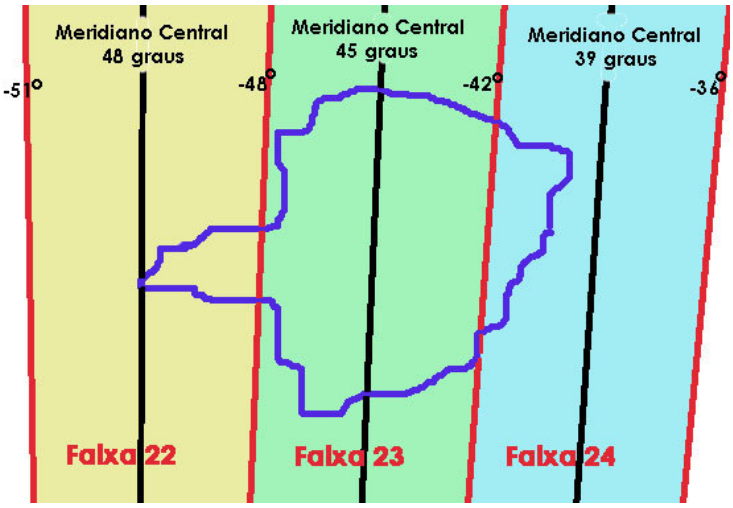


Figura 5 – Faixas UTM no território de Minas Gerais

No caso de mapas georreferenciados em coordenadas UTM, é fundamental o registro, em metadados, sobre o Meridiano Central, uma vez que o mesmo par de coordenadas pode significar 60 prováveis posições do ponto no Globo, pois os valores se repetem a cada faixa de 6 graus.

É importante destacar que os aplicativos CAD são organizados para armazenarem informações em um plano cartesiano XY, projeção plana. Assim, as coordenadas UTM, por serem métricas em projeção plana, são as que melhor se adaptam à representação neste sistema. Caso o usuário opte pela utilização de um *Desktop Mapping* ou mesmo um SIG, ele poderá representar a superfície mapeada em outros sistemas de projeções e coordenadas, pois há recursos para a conversão. Destaca-se, porém, que ao utilizar um simples CAD, o ideal é converter a georreferência para as coordenadas UTM e representar o mapa neste sistema. Ao se optar por um *Desktop Mapping* ou SIG pode-se escolher mais livremente o modelo de representação.

Quando o usuário manuseia o dado no mesmo tipo de aplicativo aonde ele foi gerado (exemplo: foi construído em *shapefile* e o usuário o visualiza em ArcView ou outro aplicativo que reconheça a extensão) muitas vezes a informação sobre o sistema de representação utilizado é automaticamente reconhecido. Contudo, é muito comum ser necessário informar o sistema ao se carregar o dado. No caso de aplicativos CAD as referências não são automaticamente reconhecidas. Diante das inúmeras possibilidades de projeções e coordenadas, é fundamental a utilização dos metadados para registrar a informação sobre o sistema utilizado.

As possibilidades de confusão na identificação do sistema de projeções e coordenadas utilizadas no registro de um mapa se tornam ainda maiores quando a questão é a informação sobre o *datum* horizontal utilizado. Mesmo que o usuário saiba que foi utilizado o sistema UTM, ainda assim há a possibilidade da informação ter sido registrada no *datum* Córrego Alegre, em SAD69, em WGS84 ou em SIRGAS. Esta informação é fundamental na composição de um metadado.

Devido à complexidade e irregularidade da forma da Terra, foi elaborada uma superfície de representação do globo que melhor se aproximasse de sua forma. Esta superfície é o geóide que, segundo Timbó (2001):

> "*è a forma verdadeira da Terra subtraída das montanhas e vales, considerando que estes elementos são muito pequenos (máximo 10 km) em relação ao diâmetro da Terra (13.000 km). A superfície do geóide não tem definição matemática, é aproximadamente esférica com suaves ondulações e achatada nos pólos, sendo o diâmetro equatorial cerca de 43 km maior que o diâmetro polar. O geóide é definido como sendo a superfície no nível médio das águas tranqüilas dos mares prolongada sob os continentes. É utilizado como referência padrão para as medidas de altitude.*"

Como o geóide não apresenta definição matemática, a sua utilização tem importância como referência para as medições altimétricas, mas seria necessária a definição de uma elipse de revolução (que girasse em torno de seu eixo menor, o eixo polar) que constituísse um sólido geométrico que melhor representasse a superfície da Terra. Assim foram estabelecidos alguns elipsóides de revolução, utilizados em cartografia de precisão. O elipsóide mais utilizado no globo é o WGS84, que é referência para o sistema de GPS – *Global Positioning System*. O WGS84 é um sistema geocêntrico, porque a origem de seus eixos coordenados é no geocentro, e a sua elipse é a que melhor se ajusta à Terra com um todo.

Outro geóide de importância é o SIRGAS – *Sistema de Referencial Geodésico da América do Sul*, que é a nova proposta para se representar o nosso território através de um sistema geocêntrico. O SIGAS já entrou em vigência e deverá substituir o SAD69 na cartografia oficial brasileira.

Figura 6 – Geóide – representação sem definição matemática que representa a forma verdadeira da Terra subtraindo montanhas e vales.

Como o WGS84 ou os elipsóides destinados à representação da Terra como um todo são tentativas de distribuição de erros para todo o globo, os países estudaram elipses de revolução que melhor se adaptassem às suas posições e distribuições territoriais. Assim foram estabelecidos diferentes elipsóides, específicos para diferentes posições no globo. Cada elipsóide específico apresenta o seu *datum* horizontal, que é definido por um *ponto geodésico* de origem (a máxima coincidência entre o geóide da Terra e o elipsóide escolhido) e um azimute inicial, o que é adotado como a referência para as medidas de latitude e longitude.

Na figura a seguir observa-se que uma elipse de revolução que se ajusta muito bem à representação da América do Norte não se adequa à representação da Europa, da mesma forma que a elipse de revolução escolhida para representar a Europa não se adequa à representação da América do Norte.

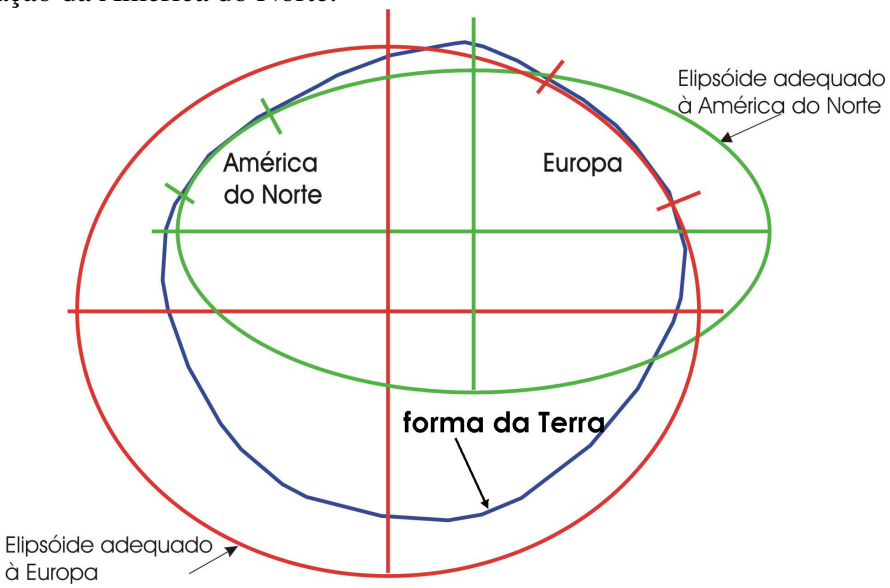
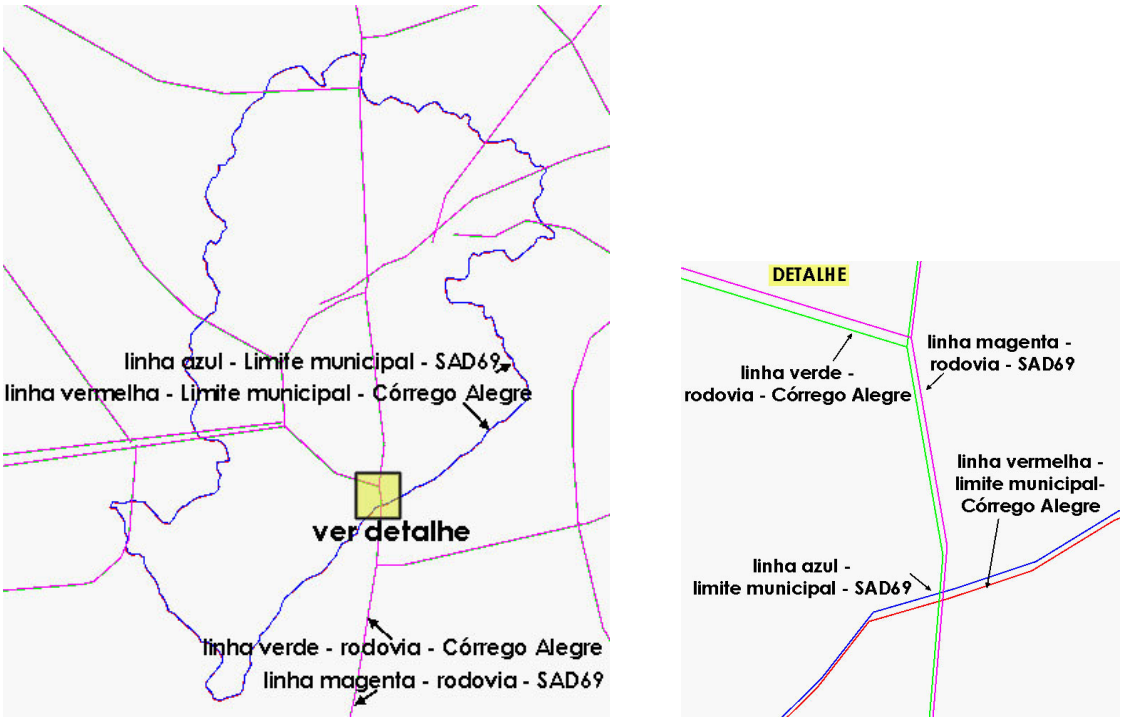


Figura 7 – Elipsóides – diferentes elipses de revolução são escolhidas para diferentes posições da superfície do globo.

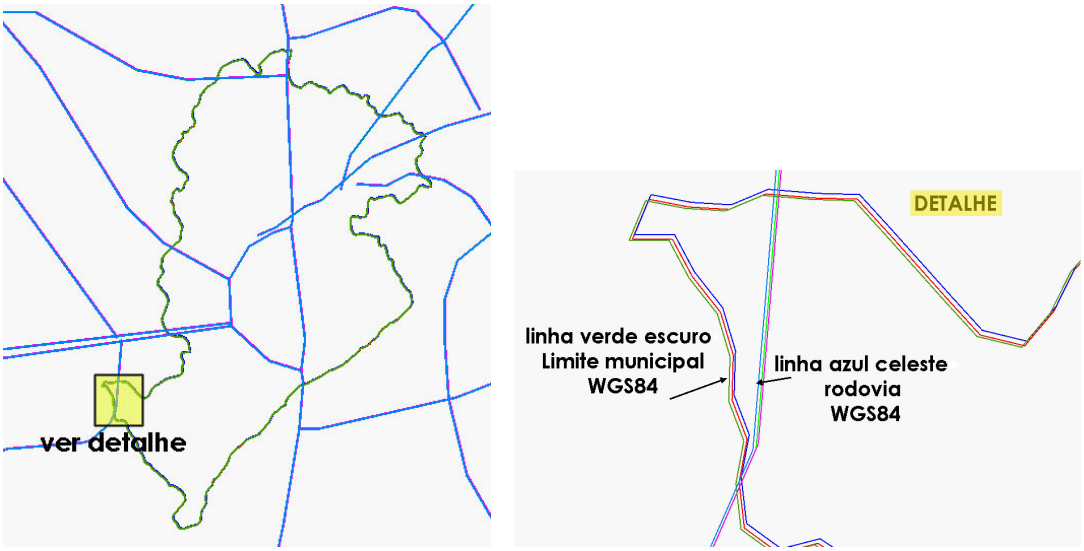
No Brasil existem dois elipsóides ainda muito utilizados na representação do território: o Elipsóide de Hayford com *datum* em Córrego Alegre e o elipsóide SAD69 com *datu*m em Chuá. Tanto Córrego Alegre como Chuá são localidades no sul de Minas Gerais. Embora a referência de Córrego Alegre já tenha sido substituída pelo SAD69 há muitos anos, muitas instituições ainda utilizam este *datum* em seus mapeamentos, gerando sérias confusões devido à não utilização de metadados que informem sobre esta particularidade. Em Minas Gerais, sobretudo, o *datum* Córrego Alegre ainda é o mais utilizado devido ao fato da maioria das cartas da coleção cartográfica elaborada pelo IBGE para o estado ter sido construídas neste sistema. Assim, a maioria das empresas prefere manter a representação em Córrego Alegre, muito embora ele dê os maiores erros quando são realizadas conversões. Citando um exemplo, a CEMIG organizou sua coleção cartográfica em Córrego Alegre (ortofotocartas e outros produtos) influenciando outros usuários.

O Brasil já possui novo sistema em vigência, o SIRGAS, que é geocêntrico e deve substituir o SAD69. Ele está em grande conformidade com o WGS84, cuja utilização se difundiu sobremaneira em função do advento das geotecnologias, sobretudo do GPS.

Os aplicativos de *Desktop Mapping* e de SIG possuem ferramentas de conversão de sistemas de referência, mas os CADs não possuem este recurso. O usuário, contudo, precisa receber a informação, através de metadados, sobre o *datum* utilizado no armazenamento do dado. Na figura a seguir são exemplificados erros oriundos da falta de conhecimento sobre o sistema adotado. O que se observa é um erro médio de 50 a 60 metros quando se comparam produtos em Córrego Alegre com produtos em SAD69, e erro de cerca de 100 metros quando se comparam produtos dos dois sistemas citados com produtos em WGS84. Estas diferenças não são constantes, podem variar, aparecendo realmente como deformações ou erros da representação.



Figuras 8A e 8B– Representações em diferentes *data* – *datum* Córrego Alegre e *datum* SAD-69



Figuras 9A e 9B– Representações em diferentes *data* – Córrego Alegre, SAD69 e o sistema WGS84

É importante lembrar que os receptores GPS utilizam como padrão a configuração WGS84. Assim, se o usuário não configurar o "*setup*", ele irá coletar o dado neste sistema, e corre o risco de, por falta de conhecimento, lançar os dados capturados em uma base cartográfica com outro *datum*, como o SAD69. A conseqüência é o erro de posicionamento das informações.

Também deve ser registrada no metadado a informação sobre o *datum* vertical utilizado no mapeamento da topografia. Segundo Timbó (2001, p. 13):

> *"O datum vertical é um sistema padrão no qual devem ser referenciadas as altitudes de um país ou região. Geralmente é a média das observações de um marégrafo que tem o registro das variações de marés por um período de pelo menos 19 anos. É fundamental que os dados altimétricos de um mesmo projeto estejam referenciados ao mesmo datum para evitar incompatibilidades. Cabe ressaltar que, salvo numa aproximação grosseira, Não tem sentido falar em altitude sem mencionar o datum vertical de referência."*

No Brasil há mapeamentos construídos segundo referências de dois *data* verticais: o marégrafo de Imbituba, em Santa Catarina, e o marégrafo de Torres, no Rio Grande do Sul. Assim, é fundamental que o usuário dos produtos cartográficos seja informado sobre o ponto de referência e se conscientize da necessidade de ajustes no caso de atualização ou complementação de dados altimétricos suja referência não seja um *datum* vertical, mas sim a altura no elipsóide de referência, como é o caso do sistema GPS. A altitude em GPS refere-se ao elipsóide de revolução, que pode ser convertida para a referência do geóide através da subtração da altura geoidal no ponto considerado. Contudo, tanto da referência do elipsóide como a do geóide são diferentes do ponto definido pelo marégrafo.

4. Conclusões

O expressivo crescimento das tecnologias da informação tiveram como conseqüência a ampla distribuição de informações cartográficas digitais, ainda que pela simples captura por scanner, ou devidamente conformadas como camadas de informação em formato matricial ou vetorial.

Diante da facilidade de se obter dados cartográficos e alfanuméricos para a composição de Sistemas de Informações Geográficos e elaboração de análises espaciais que chegam à etapa de predição de fenômenos, os usuários devem estar atentos para questões de ordem e que estão na raiz do sistema: a qualidade do dado utilizado.

A preocupação em tornar a construção de metadados – dados sobre dados – uma obrigatoriedade para a distribuição de dados é, na verdade, uma segurança indispensável para a confiabilidade das análises espaciais, por já conhecido o jargão: "*gi/go - garbage in, garbage out*" (lixo dentro, lixo fora).

Já existem SIGs que, ao construírem uma camada de informações, automaticamente geram um arquivo txt contendo um mínimo de metadados, tais como: Autor, data, sistema de projeções e coordenadas, *datum*, escala da fonte de dados, coordenadas do retângulo envolvente (georreferência), área representada e, se está em formato matricial,

a resolução (dimensão do *pixel*). Outros sistemas guardam a informação no cabeçalho do arquivo (*header*), mas são aquelas que podem ser geradas automaticamente, tais como a data, sistema de projeções e coordenadas, resolução (tamanho do pixel) e retângulo envolvente (georreferência).

Para a correta distribuição e utilização de dados cartográficos, sobretudo os digitais, indicam-se como informações mínimas a serem registradas em um arquivo de metadado:

- Autor, data da elaboração e registro de atualizações
- Metodologia de construção do dado
- Formato de armazenamento (matricial ou vetorial)
- Fonte do dado, escala da fonte e ano da fonte
- Resolução (em caso de arquivo matricial) e Padrão de Exatidão Cartográfica
- Sistema de projeções e coordenadas, *datum* horizontal e vertical
- Extensões disponíveis e aplicativo utilizado
- Conteúdo das camadas de informação
- Georreferência (coordenadas do retângulo envolvente) e área de mapeamento
- Informações específicas sobre grades utilizadas, eqüidistância de pontos na representação de algumas feições geométricas, entre outros.
- Demais informações gerais específicas sobre o dado.

5. Referências Bibliográficas

BORBINHA, José, FREIRE, Nuno. ***Metadados***. Biblioteca Nacional de Portugal e INESC, 2002. In: http://metadados.bn.pt/

Data Warehouse. ***Metadados***. In.: http://www.datawarehouse.inf.br/main.asp

EMPLASA. ***Sistema Cartográfico Metropolitano***, São Paulo, Governo do Estado de São Paulo, 1993.

SOARES, Valéria G., SALGADO, Ana Carolina. Consultas Visuais em Sistemas de Informações Geográficas baseadas em Padrões de Metadados Espaciais. ***Geoinfo – I Simpósio Brasileiro de Geoinformática,*** Inpe/Unicamp, 1999. 10 p. In: www.geoinfo.info/geoinfo1999/papers/GeoVisual.pdf

TIMBÓ, Marcos Elmiro. ***Elementos de Cartografia***. Departamento de Cartografia – UFMG, 2001. (Apostila da Especialização em Geoprocessamento).

TOMLIN, Dana. ***Geographic Information Systems and cartographic modeling***. New Jersey: Prentice Hall, Englewood Cliffs. 1990. 249p.

TURNER, James. ***O que são os metadados?*** In.: http://www.mapageweb.umontreal.ca/turner. (2004)