

GEOTECNOLOGIAS NA GEOGRAFIA APLICADA

Roberto Rosa

Resumo: As geotecnologias são o conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e oferta de informação com referência geográfica. As geotecnologias são compostas por soluções em hardware, software e *peopleware* que juntas constituem poderosas ferramentas para tomada de decisão. Dentre as geotecnologias podemos destacar: sistemas de informação geográfica, cartografia digital, sensoriamento remoto, sistema de posicionamento global e a topografia georeferenciada. A extensão do território brasileiro e o pouco conhecimento dos recursos naturais, aliados ao custo de se obter informações por métodos convencionais, foram os fatores decisivos para o país entrar no programa de sensoriamento remoto por satélite. Atualmente, estima-se que cerca de 80% das atividades efetuadas numa prefeitura sejam dependentes do fator localização. Os novos conceitos de *business intelligence* não podem prescindir das ferramentas de geoprocessamento, elas são capazes de mapear vários fatores críticos do sucesso de um negócio. Assim como os serviços públicos de saneamento, energia elétrica e telecomunicações podem valer-se das geotecnologias para relacionar suas redes de distribuição às demais informações de seus bancos de dados.

Palavras-chave: Geotecnologias; Geoprocessamento; Sistema de Informação Geográfica; Sensoriamento Remoto.

Introdução

Também conhecidas como "geoprocessamento", as geotecnologias são o conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e oferta de informações com referência geográfica. As geotecnologias são compostas por soluções em *hardware*, *software* e *peopleware* que juntos constituem poderosas ferramentas para tomada de decisões. Dentre as geotecnologias podemos destacar: sistemas de informação geográfica, cartografia digital, sensoriamento remoto, sistema de posicionamento global e a topografia.

Com a evolução da tecnologia de geoprocessamento e de *softwares* gráficos vários termos surgiram para as várias especialidades. O nome Sistemas de Informação Geográfica (ou *Geographic Information System* - GIS) é muito utilizado e em muitos casos é confundido com geoprocessamento. O geoprocessamento é o conceito mais abrangente e representa qualquer tipo de processamento de dados georreferenciados, enquanto um SIG ou GIS processa dados gráficos e não gráficos (alfanuméricos) com ênfase em análises espaciais e modelagens de superfícies (BURROUGH, 1987).

O geoprocessamento envolve pelo menos quatro categorias de técnicas relacionadas ao tratamento da informação espacial (ROSA e BRITO, 1996).

1. Técnicas para coleta de informação espacial (cartografia, sensoriamento remoto, GPS, topografia, levantamento de dados alfanuméricos);

2. Técnicas de armazenamento de informação espacial (bancos de dados – orientado a objetos, relacional, hierárquico, etc.);

3. Técnicas para tratamento e análise de informação espacial (modelagem de dados, geoestatística, aritmética lógica, funções topológicas, redes, etc.);

4. Técnicas para o uso integrado de informação espacial, como os sistemas GIS – *Geographic Information Systems*, LIS – *Land Information Systems*, AM/FM – *Automated Mapping/Facilities Management*, CADD – *Computer-Aided Drafting and Design*.

O GIS engloba em sua definição vários aspectos já abordados na definição de geoprocessamento. Ao GIS agregam-se ainda os aspectos institucional, recursos humanos (*peopleware*) e, principalmente, aplicação específica (MAGUIRE *et al.*, 1993). GIS é um conjunto de ferramentas computacionais composto de equipamentos e programas que, por meio de técnicas, integra dados, pessoas e instituições, de forma a tornar possível a coleta, o armazenamento, o processamento, a análise e a oferta de informação georeferenciada produzida por meio de aplicações disponíveis, que visam maior facilidade, segurança e agilidade nas atividades humanas referentes ao monitoramento, planejamento e tomada de decisão relativas ao espaço geográfico.

Quando falamos em geoprocessamento, estamos nos referindo a informações temáticas "amarradas" à superfície terrestre, através de um sistema de coordenadas, que pode ser o Geográfico e/ou o UTM. Antes de mais nada, necessitamos de um

1 Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, rosa@ufu.br

mapa-base preciso da área de interesse. Normalmente, em estudos de pequena escala (pouco detalhe) se utiliza o sistema de coordenadas geográficas, em trabalhos de grande escala (detalhados), utiliza-se o sistema de coordenadas UTM.

Portanto, a base cartográfica é o ponto de partida para qualquer GIS, e ela deve ser elaborada obedecendo-se os princípios básicos da cartografia. Devemos dar atenção ao elipsóide de referência, *datum* geodésico, projeção cartográfica, precisão gráfica e generalização (CLARK, 1995).

O Sistema GIS

Muitas pessoas quando falam em GIS referem-se, especificamente, ao *software* e não à tecnologia. Percebe-se freqüentemente dificuldade de comunicação entre os profissionais que se utilizam da mesma nomenclatura para se referir a conceitos diferentes. Assim, para um entendimento mais completo, é necessário explicar os principais componentes de um GIS, no qual o *software* é apenas um desses componentes. Os outros elementos a serem definidos são: *hardware*, dados, usuários e metodologias de análise.

Software - Formado por um conjunto de programas (geridos por um determinado sistema operacional), cuja finalidade básica é coletar, armazenar, processar e analisar dados geográficos, tirando partido do aumento da velocidade, facilidade de uso e segurança no manuseio destas informações, apontando para uma perspectiva multi, intra e interdisciplinar de sua utilização.

Quanto aos sistemas operacionais, no caso dos micro e mini computadores, a tendência aponta para o uso das diferentes versões do Windows, Linux e do Unix.

O software contempla basicamente quatro módulos:

- (i) Coleta, padronização, entrada e validação de dados;
- (ii) Armazenamento e recuperação dos dados;
- (iii) Análise e geração de informação;
- (iv) Saída e apresentação de resultados.

Hardware - Conjunto de equipamentos necessários para que o *software* possa desempenhar as funções descritas. Trata-se do componente físico do sistema envolvendo o computador e seus periféricos, ou equipamentos auxiliares. De forma sucinta, inclui o computador e periféricos, como impressora, *plotter*, scanner, mesa digitalizadora, unidades de armazenamento (unidades de disco flexível, disco rígido, CD-Rom, DVD, fitas magnéticas e ZIP *Drivers*). A comunicação entre computadores também pode ser citada, sendo realizada por meio de um ambiente de rede.

Dados - Material bruto que alimenta o sistema, permitindo gerar informação, que nada mais é do que o significado atribuído

aos dados por um determinado usuário. O poder da informação é, sem dúvida, indiscutível. Porém, o que tem revolucionado os processos tradicionais de utilização da informação é a maneira como ela pode ser rapidamente processada e utilizada para diferentes objetivos pelo modo de sua apresentação, ou seja, georreferenciada ou mapeada.

Os dados utilizados em um SIG podem ser originários de diversas fontes, classificadas genericamente em primárias (levantamento direto no campo ou produtos obtidos por sensores remotos) e secundárias (mapas e estatísticas), que são derivadas das fontes primárias.

Usuários - Pessoas que com objetivos comuns formam uma organização ou grupo de trabalho. O GIS por si só não garante a eficiência nem a eficácia de sua aplicação. Como em qualquer organização, ferramentas novas só se tornam eficientes quando se consegue integrá-las adequadamente a todo o processo de trabalho. Para isto não basta apenas investimento, mas o treinamento de pessoal, usuários e dirigentes para maximizar o potencial de uso de uma nova tecnologia.

Metodologias ou Técnicas de Análise - Estão diretamente ligadas ao conhecimento e à experiência do profissional que, a partir de um objetivo definido submete seus dados a um tratamento específico, a fim de obter os resultados desejados. Este aspecto mostra que a qualidade dos resultados de um GIS não está ligada somente à sua sofisticação e capacidade de processamento. Muito mais que isso, é proporcional à experiência do usuário.

O Sensoriamento Remoto

A carência de mapeamento no Brasil, principalmente em escalas grandes, é agravada pelo fato de grande parte dele encontrar-se desatualizada, fazendo com que sua utilização não alcance os objetivos para os quais foram elaborados. Os métodos para produção de mapas, assim como para atualização cartográfica evoluíram gradativamente com o advento de novos processos tecnológicos, principalmente na área da informática, com o mapeamento digital, a utilização de Sistemas de Posicionamento Global (GPS), tratamento digital de imagens e Sistemas de Informação Geográfica. Neste contexto, é indiscutível a importância do sensoriamento remoto para a cartografia. A agilidade e a redução de custos obtidos através da utilização de imagens orbitais para atualização cartográfica vêm acompanhadas de uma qualidade cada vez maior no que diz respeito à resolução espacial, obtida através de sensores multiespectrais de alta tecnologia, atendendo aos requisitos de precisão planimétricas exigidos para

as escalas do mapeamento sistemático. Deve-se ressaltar o menor custo para aquisição de imagens se comparado à realização de novo recobrimento aéreo.

Portanto, atualmente, para a elaboração e ou atualização de documentos cartográficos, lançamos mão a levantamentos de campo e às tecnologias de sensoriamento remoto e geoprocessamento.

O sensoriamento remoto pode ser definido, de uma maneira ampla, como sendo a forma de obter informações de um objeto ou alvo, sem que haja contato físico com ele. As informações são obtidas utilizando-se a radiação eletromagnética refletida e/ou emitida pelos alvos, geradas por fontes naturais como o Sol e a Terra, ou por fontes artificiais como, por exemplo, o Radar (NOVO, 1988; MOREIRA, 2003; ROSA, 1993).

As técnicas de sensoriamento remoto foram amplamente utilizadas durante a Primeira e a Segunda Guerras Mundiais no planejamento de missões com fins militares. Porém, até então, apenas fotografias aéreas obtidas a média e baixa altitude mereciam destaque. O sensoriamento pode ser orbital, neste caso, informações obtidas por satélite ou, sub-orbital quando as informações são obtidas por aeronaves.

Em 1972, os EUA deram um salto colocando em órbita o primeiro satélite de sensoriamento remoto com finalidade civil, destinado à obtenção de dados de forma rápida, confiável e freqüente dos alvos terrestres. A partir de então inúmeros outros sistemas de obtenção de dados passivos ou ativos, orbitais ou sub-orbitais foram desenvolvidos, e hoje a enorme quantidade de informações fornecidas por estes sensores nos permite conhecer melhor o nosso planeta, sendo ferramenta indispensável ao inventário, mapeamento e monitoramento dos recursos naturais.

No Brasil, o sensoriamento remoto tomou impulso na década de 60 com o Projeto Radambrasil, que tinha como objetivo realizar um levantamento integrado dos recursos naturais do país. Este programa proporcionou o treinamento e especialização de diversos técnicos brasileiros, que até então só conheciam o manuseio de fotografias aéreas.

A extensão do território brasileiro, e o pouco conhecimento dos recursos naturais, aliado ao custo de se obter informações por métodos convencionais, foram os fatores decisivos para o país entrar no programa de sensoriamento remoto por satélite.

O sensoriamento remoto envolve basicamente duas fases: a fase de aquisição de dados e a fase de utilização. Na fase de aquisição são fornecidas as informações referentes à radiação eletromagnética, aos sistemas sensores, ao comportamento espectral dos alvos, à atmosfera, etc... Na fase de utilização são

mencionadas as diferentes possibilidades de aplicação destes dados nas várias áreas do saber, assim como Geografia, Agronomia, Engenharia Civil, Geologia, Hidrologia, Pedologia, etc...

As informações da superfície terrestre são coletadas por um sensor. O sensor é um dispositivo capaz de responder à radiação eletromagnética em determinada faixa do espectro eletromagnético, registrá-la e gerar um produto numa forma adequada para ser interpretada pelo usuário. O sensor é constituído basicamente por um coletor, que pode ser uma lente, espelho ou antena e um sistema de registro, que pode ser um detector ou filme.

Os sistemas sensores utilizados na aquisição e registro de informações de alvos podem ser classificados segundo a resolução espacial (imageadores e não-imageadores), segundo a fonte de radiação (ativos e passivos) e segundo o sistema de registro (fotográficos e não-fotográficos). Os sensores também possuem características próprias, como resolução temporal, radiométrica, espectral e espacial, que os diferencia em termos de aplicação.

Hoje, inúmeras instituições do país utilizam-se desta tecnologia para obter informações de caráter geológico, geomorfológico, pedológico, hidrológico, agrícola, florestal e de qualidade ambiental.

Alguns satélites mais usados no Brasil

Existe uma grande variedade de satélites artificiais utilizados atualmente, dentre os quais podemos destacar: militares, telecomunicações, navegação, científicos, meteorológicos e de sensoriamento remoto terrestre. A seguir, são apresentados alguns dos satélites de sensoriamento terrestre mais usados no Brasil.

O Sistema LANDSAT - O sistema LANDSAT foi desenvolvido pela NASA com o objetivo de permitir a aquisição de dados espaciais, espectrais e temporais da superfície terrestre, de forma global, sinóptica e repetitiva. Lançados em 1972 (ERTS – LANDSAT 1), 1975 (LANDSAT 2), 1978 (LANDSAT 3), 1982 (LANDSAT 4), 1984 (LANDSAT 5), 1993 (LANDSAT 6) e 1999 (LANDSAT 7), utilizam como satélite uma plataforma do tipo NIMBUS, onde são instalados os sensores e os demais subsistemas destinados à gravação e transmissão de dados, medição e controle de altitude e temperatura, retransmissão, etc.

Os satélites da série LANDSAT deslocam-se do norte para o sul em órbita geocêntrica, circular, quase polar e heliossíncrona, isto é, o ângulo Sol-Terra-satélite permanece constante, o que garante condições semelhantes de iluminação ao longo do ano, na área imageada. Os LANDSAT 1, 2 e 3 estavam equipados com dois sistemas sensores; um sensor MSS (*Multispectral Scanner System*) e um sensor RBV (*Return Beam Vidicon*). Os LANDSAT 4 e 5

estavam equipados com um sensor MSS e um sensor TM (*Thematic Mapper*) e os LANDSAT 6 e 7, com sensor ETM+.

SPOT - O programa SPOT foi planejado e projetado desde o início como um sistema operacional e comercial de observação da Terra (SPOT - *Satellite Pour l'Observation de la Terre*). Estabelecido por iniciativa do governo francês em 1978, com a participação da Suécia e Bélgica, o programa é gerenciado pelo Centro Nacional de Estudos Espaciais - CNES, que é o responsável pelo desenvolvimento do programa e operação dos satélites. Já foram lançados com sucesso os SPOT 1 (22/02/86), 2 (11/01/90), 3 (26/09/93), 4 (24/03/98) e 5 (04/05/02). Destes, apenas o SPOT 3 não se encontra em operação.

A estrutura e o funcionamento do programa SPOT distingue claramente, de um lado, as funções do gerenciamento técnico do sistema, executadas pelo CNES e, de outro lado, a responsabilidade das operações, atribuída à *Spot Image*, uma empresa de vocação comercial. A *Spot Image* tem por missão assegurar o eficiente gerenciamento das capacidades de aquisição de imagens pelo satélite e a transmissão de dados a 21 estações receptoras equipadas e conveniadas em todo o mundo, sendo três na América do Sul, bem como desenvolver as normas e circuitos de distribuição e comercialização das imagens SPOT.

CBERS - Em 6 de julho de 1988 foi assinado um programa de cooperação entre a China e o Brasil para desenvolver dois satélites de observação da Terra. Esse programa conjunto de Satélites Sino-Brasileiros de Recursos Terrestres (CBERS) combina recursos financeiros e especialistas dos dois países para estabelecer um sistema completo de sensoriamento remoto.

O CBERS possui em sua carga útil múltiplos sensores, com resoluções espaciais e frequências de observação variadas. Os três sensores imageadores a bordo são o imageador de visada larga (WFI), a câmara CCD de alta resolução e o varredor multiespectral infravermelho (IR-MSS). O WFI tem uma visada de 900 km no solo, que proporciona uma visão sinótica com resolução espacial de 260 m e cobre o planeta em menos de 5 dias. Já os sensores CCD de alta resolução e IR-MSS fornecem informações mais detalhadas em uma visada mais estreita, de 120 km. A câmara CCD de alta resolução tem a capacidade adicional de apontamento lateral de $\pm 32^\circ$, que fornece uma frequência de observações aumentada ou visão estereoscópica para uma dada região. Além da carga útil imageadora, o satélite leva um sistema de coleta de dados (DCS) para retransmitir dados ambientais colhidos no solo; um monitor do ambiente espacial (SEM) para detecção de radiação de alta energia no espaço e um gravador de fita de alta densidade (HDTR) experimental para gravação de imagens a bordo.

Os satélites CBERS são lançados por foguetes chineses da série Longa Marcha da base de lançamento de Shanxi, na República Popular da China. Esses satélites vão ampliar e complementar os sistemas de sensoriamento remoto em operação.

IKONOS - Lançado em 1999, o satélite IKONOS II (o IKONOS I não chegou a ser lançado), primeiro satélite comercial com resolução espacial de um metro, visava aumentar ainda mais as potencialidades dos recursos existentes.

A *Space Imaging* desenvolveu o Programa IKONOS com o objetivo de fornecer informação com qualidade e rapidez largamente superiores aos padrões atuais de mercado. Vendidos pela companhia CARTERRA, esses produtos constituem recurso para entidades governamentais, agentes comerciais e cidadãos, que assim têm à sua disposição meios de compreender mais profundamente o meio onde se inserem.

Através da precisão e velocidade de atualização dos seus produtos, este programa espera permitir aos agricultores o monitoramento do estado das suas culturas, estimar as colheitas, auxiliar cientistas a analisar áreas ambientalmente sensíveis e prever tendências, permitir o monitoramento e planejamento dos usos do solo por parte de entidades governamentais e servir como instrumento das companhias de seguros na medição de danos após desastres naturais. Estes são apenas alguns exemplos que refletem a extensa funcionalidade da informação que pode ser obtida através do Programa IKONOS.

QUICK BIRD - O QUICK BIRD é um satélite síncrono com o Sol, com órbita quase polar, a 450 km de altitude, com inclinação de 98° em relação ao pólo. Este satélite foi programado para uma frequência de retorno que varia de 1 a 3 dias. Dependendo da latitude, a resolução espacial pode chegar a 61 cm. Leva 93,4 minutos para dar uma volta em torno da Terra e possui uma largura de varredura de 16,5 km. Seu sistema sensor opera em 5 faixas espectrais.

TERRA e AQUA - O lançamento dos satélites TERRA (formalmente conhecido como EOS-AM) em 1999 e AQUA em 2002 marcou uma nova era do monitoramento da atmosfera, oceanos e continentes da Terra fornecendo observações globais e esclarecimentos científicos da mudança da cobertura do solo, produtividade global, variação e mudança do clima, riscos naturais e o ozônio da atmosfera.

O TERRA opera numa órbita polar e síncrona com o Sol, com uma inclinação de aproximadamente $98,2$ graus, período orbital de 98,88 minutos e hora do cruzamento na descendente às 10:30 am. A altitude média é 705 km e a velocidade no solo é 6,7 km/seg. A distância entre órbitas adjacentes é 172 km e o ciclo de recorrência

é de 16 dias no equador (233 órbitas). O AQUA opera numa órbita polar e síncrona com o Sol, com uma inclinação de aproximadamente 98,2 graus, período orbital de 98,8 minutos e hora do cruzamento na descendente às 13:30 pm. A altitude média é 705 km.

Dentre os sensores destes satélites merecem destaque o ASTER e o MODIS. Os instrumentos dos satélites TERRA e AQUA têm os seguintes propósitos:

(1) fornecer medidas globais de cada estação climática do sistema da Terra, incluindo funções críticas como produtividade biológica do solo e oceanos, neve e gelo, temperatura da superfície, nuvens, vapor d'água e cobertura do solo;

(2) aperfeiçoar nossa habilidade de detectar impactos humanos no sistema da Terra e no clima, identificar o impacto da atividade humana no clima e prever mudanças no clima utilizando as novas observações globais;

(3) ajudar a desenvolver tecnologias para prever desastres, caracterização, redução de riscos de grandes incêndios, vulcões, enchentes e secas e;

(4) ofertar monitoramento a longo-prazo da mudança do clima global e do ambiente.

O Sistema GPS - *Global Positioning System*

GPS é a abreviatura de NAVSTAR GPS (NAVSTAR GPS - *Navigation System with Time And Ranging Global Positioning System*). É um sistema de radio-navegação baseado em satélites, desenvolvido e controlado pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América (U.S. DoD) que permite a qualquer usuário saber a sua localização, velocidade e tempo, 24 horas por dia, sob quaisquer condições atmosféricas e em qualquer ponto do globo terrestre.

Depois da Segunda Guerra Mundial, o U.S. DoD empenhou-se em encontrar uma solução para o problema do posicionamento preciso e absoluto. Vários projetos e experiências foram realizados, incluindo Loran, Transit, etc. Todos permitiam determinar a posição, mas eram limitados em precisão ou funcionalidade. No começo da década de 70, um novo projeto foi proposto, o GPS.

O sistema GPS pode ser dividido em três segmentos: espacial, de controle e do usuário.

Segmento Espacial - O segmento espacial do GPS prevê cobertura mundial de tal forma que, em qualquer parte do globo, incluindo os pólos, existam pelo menos 4 satélites visíveis em relação ao horizonte, 24 horas por dia. Em algumas regiões da Terra é possível a obtenção de 8 ou mais satélites visíveis ao mesmo tempo.

Os sinais emitidos por estes satélites têm por finalidade fornecer, de maneira precisa e constante, as efemérides para todos os pontos próximos da superfície terrestre, de modo que o usuário possa utilizá-los para calcular posições, velocidade e tempo. As efemérides são compostas por 16 constantes físicas e 4 coeficientes polinomiais que são captados pelos receptores.

Este segmento é composto por uma constelação com mais de 20 satélites alocados em órbitas elípticas (semi-eixo maior igual a 26.600 km) com período de 11 h 57 min 58,3 s (tempo sideral), a uma altitude média de 20.200 km, com órbita de inclinação de 55° em relação ao Equador. A vida útil esperada de cada satélite é de cerca de 6 anos, mas existem satélites em órbita com mais de 10 anos e ainda em perfeito funcionamento.

A chave da precisão do sistema GPS é o fato dos componentes dos sinais serem controlados pelos relógios atômicos. A frequência fundamental (Banda L) de 10,23 MHz é produzida por um sistema de alta precisão.

Segmento de Controle Terrestre - O segmento de controle terrestre compreende o sistema de controle operacional, o qual consiste de uma estação de controle mestra, estações de monitoramento mundial e estações de controle de campo.

Estação mestra - está localizada na base FALCON da USAF em Colorado Springs - Colorado. Esta estação, além de monitorar os satélites que passam pelos EUA, reúne os dados das estações de monitoramento e de campo, processando-os e gerando os dados que efetivamente serão transmitidos aos satélites;

Estações de monitoramento - rastreiam continuamente todos os satélites da constelação NAVSTAR, calculando suas posições a cada 1,5 segundos. Com uso de dados meteorológicos, modelam os erros de refração e calculam suas correções, estas são transmitidas aos satélites e retransmitidas para os receptores de todo o mundo. Existem quatro estações além da mestra: Hawaii, Ilha de Assención (Atlântico Sul), Diego Garcia (Oceano Índico) e Kwajalein (no Pacífico);

Estações de Campo - formadas por uma rede de antenas de rastreamento dos satélites NAVSTAR. Têm por finalidade ajustar os tempos de passagem dos satélites, sincronizando-os com o tempo da estação mestra.

Segmento dos Usuários - O segmento dos usuários está associado às aplicações do sistema. Refere-se a tudo que se relaciona com a comunidade usuária, os diversos tipos de receptores e os métodos de posicionamento por eles utilizado. Este segmento é composto pelos receptores localizados na superfície terrestre, no ar, a bordo de navios e de alguns satélites, etc. As antenas captam sinais de quatro ou mais satélites

simultaneamente, processam os dados determinando a posição, velocidade e o momento da observação dos pontos.

Os fundamentos básicos do GPS baseiam-se na determinação da distância entre um ponto (o receptor) e outros de referência (os satélites). Sabendo a distância que separa o receptor de 3 pontos podemos determinar sua posição relativa aos mesmos. A posição é a intersecção de 3 circunferências cujos raios são as distâncias medidas entre o receptor e os satélites. Na realidade são necessários no mínimo 4 satélites para determinar a posição satisfatoriamente.

Cada satélite transmite um sinal que é recebido pelo receptor, este por sua vez mede o tempo que os sinais demoram a chegar até ele. Multiplicando o tempo medido pela velocidade do sinal (a velocidade da luz), obtemos a distância receptor-satélite, (distância = velocidade x tempo). No entanto, o posicionamento com auxílio de satélites não é assim tão simples. Obter a medição precisa da distância não é tarefa fácil. A precisão no posicionamento GPS depende do número e da geometria dos satélites usados e obviamente da precisão da medição da distância receptor-satélite.

Existem vários métodos de posicionamento relativo, ou seja, métodos que envolvem sempre mais que um receptor em observações simultâneas. Dentre eles os mais comuns são:

Estático - Método de posicionamento que permite obter maior precisão. É geralmente utilizado para medição de bases longas e redes geodésicas. Neste método, os receptores permanecem fixos durante um certo período de tempo (nunca menos de 1 hora para bases cujo comprimento seja da ordem de 20 km).

Rápido-Estático - Usado para estabelecer redes locais de controle e adensamento de redes. Corresponde a uma sessão estática de curta duração (de 5 a 20 minutos). É bastante preciso em bases de comprimento de até 20 km, e muito mais rápido que o posicionamento estático.

Cinemático - Usado para medição de vários pontos sucessivamente. É um método bastante eficaz para medir vários pontos próximos entre si. Contudo, no caso de existirem elementos que obstruam a trajetória do sinal (pontes, árvores, edifícios altos, etc.) e menos de 4 satélites visíveis, é necessária uma reinicialização que pode demorar de 5 a 10 minutos.

Pára-avança (stop and go) - Este método de posicionamento consiste em transportar um receptor a todos os pontos a serem observados, efetuando breves paradas (alguns segundos) nas posições de maior interesse. Uma vez que o requisito básico deste método é que as ambigüidades sejam determinadas antes de se iniciar o posicionamento, o receptor deve ser transportado

cuidadosamente de forma a não obstruir o sinal.

Pode-se dividir os equipamentos GPS em três grupos, segundo os objetivos de precisão e investimento: navegação, topográfico e geodésico.

Navegação - são equipamentos que fornecem o posicionamento em tempo real. Eles trabalham com pseudo-distâncias obtendo-se precisão da ordem de 10 a 20 metros.

Topográficos - são os aparelhos que trabalham com código C/A e os que trabalham com a fase da portadora L1. O pós-processamento é executado em escritório, através da utilização de software específico. A precisão é submétrica.

Geodésicos - são aparelhos de dupla frequência, recebendo a frequência L1 e a frequência L2. Esses aparelhos sofrem menos interferência da ionosfera e, com seus sofisticados recursos eletrônicos, consegue-se precisões diferenciais pós-processadas da ordem de 5 mm + 1 ppm. São indicados para trabalhos geodésicos de alta precisão, por exemplo, transporte de coordenadas.

Estão previstos outros sistemas de posicionamento, por exemplo, GNSS, WAAS, EGNOS e GALILEO, que serão referenciados em todos o mundo.

GNSS - O GNSS (*Global Navigation Satellite System*) surgiu da idéia de combinar o GPS e o GLONASS (*Global Navigation Satellite System* - sistema Russo equivalente ao GPS). Esta combinação de sistemas vem trazer vantagens substanciais não só pelo maior número de satélites disponíveis como também pelo fato do GLONASS não estar sujeito à codificação do código P (AS).

WAAS e EGNOS - O conceito de WAAS (*Wide Area Augmentation System*) tem como base o posicionamento relativo e é no fundo um DGPS. A grande diferença é que a correção diferencial é difundida por um satélite geo-estacionário cujo sinal cobre uma determinada zona. O WAAS já está em funcionamento experimental e cobre a América do Norte. O EGNOS (*European Geostationary Navigation Overlay System*) será o equivalente europeu do WAAS.

GALILEO - Existem atualmente dois sistemas de rádio-navegação e posicionamento por satélite: o GPS e o GLONASS, financiados e controlados pelas autoridades militares dos Estados Unidos e da Rússia, respectivamente. A continuidade e a qualidade da sua utilização civil dependem, por conseguinte, das referidas autoridades que podem, por exemplo, interromper ou deteriorar o sinal a qualquer momento. Por esta e por outras razões, a União Européia decidiu construir o seu próprio sistema de rádio-navegação e posicionamento, sob a designação de GALILEO. O GALILEO colocará à disposição serviços de procura e salvamento, posicionamento, velocidade e tempo de alta precisão para

aplicações comerciais, governamentais e de segurança, mediante a utilização de receptores de baixo custo. Será um sistema global, independente do GPS, mas complementar e compatível com este, sob controle civil.

Este sistema será colocado à disposição da comunidade aeronáutica para atender a todas as suas exigências em matéria de navegação. Será também de grande utilidade para todos os usuários de sistemas de comunicações móveis, marítimas e terrestres, sistemas de navegação, posicionamento, salvamento, etc. O GALILEO estará totalmente operacional em 2008, mas entrará em funcionamento em 2005. Oferecerá à Europa numerosas vantagens em termos de segurança, independência, prosperidade econômica, desenvolvimento industrial e emprego. Estes novos sistemas aliados à remoção do SA deverão permitir posicionamentos absolutos com precisões da ordem de poucos metros.

Alguns softwares usados no Brasil

Existe uma grande variedade de *softwares* no mercado. A seguir são apresentados alguns deles:

ArcView GIS - O ArcView foi desenvolvido pela empresa *Environmental Systems Research Institute* (ESRI) para efetuar análises em ambiente de SIG, trata-se de um dos Sistemas de Informação Geográfica mais populares do mundo. O ArcView GIS é um SIG *desktop* com uma interface gráfica fácil de utilizar, que permite carregar dados espaciais e tabulares, para poder visualizar em mapas, tabelas e gráficos. Inclui ainda as ferramentas necessárias para consultar e analisar os dados, bem como apresentá-los em mapas de elevada qualidade. O ArcView GIS é utilizado por profissionais da administração local ou regional na área do planejamento e ordenamento do território e cadastro; na área do mercado imobiliário para a localização de novos pólos de desenvolvimento comercial; na área do marketing e publicidade; por empresas de serviços na procura de potenciais clientes; serviços de urgência; estudos demográficos; bancos; logística; energia; recursos hídricos; análise de redes; telecomunicações; defesa; etc.

Autodesk Map - O Autodesk Map tem como principal objetivo a produção de mapas em PC. Este produto apresenta as ferramentas do AutoCAD tradicional num ambiente desenvolvido para profissionais de cartografia. Permite integrar vários tipos de dados e formatos gráficos, possibilitando também fazer análises espaciais. O novo Autodesk Map 2004 é a solução que oferece a melhor precisão em Cartografia e uma poderosa ferramenta de análise SIG para os engenheiros, técnicos de planejamento, gestores de infra-estrutura e geógrafos. Possibilita criar, gerir, e

produzir mapas, integrar dados de múltiplas fontes e formatos, incluindo Oracle® Spatial; efetuar análises SIG e produzir mapas temáticos. Possui ferramentas de limpeza de desenhos e simplificadas capacidades de criação de topologias que facilitam a sua utilização. Os usuários podem trabalhar com múltiplos desenhos, e vários usuários podem editar o mesmo mapa simultaneamente. Suporta todos os principais formatos de raster, permitindo a gestão e integração de uma ampla variedade de dados e a utilização de imagens georreferenciadas.

ENVI - O ENVI é um *software* de processamento de imagens desenvolvido com a linguagem IDL (*Interactive Data Language*), de quarta geração. Isso lhe garante robustez, velocidade e sofisticação sem necessitar de um equipamento poderoso. A arquitetura aberta do ENVI permite que se obtenha os melhores resultados com imagens fornecidas por sensores de última geração, como LANDSAT 7, ASTER, IKONOS, QUICK BIRD, ENVISAT e CBERS. O livre acesso à linguagem IDL permite que o ENVI seja personalizado de acordo com as necessidades do usuário. O ENVI dispõe de funções exclusivas como o visualizador n-dimensional, além de um pacote completo de funções para (orto) registro, elaboração de mosaicos e carta imagem, visualização e análise de Modelos Digitais do Terreno em três dimensões, dentre outras.

GRASS - O *Geographical Resources Analysis Support System* é um sistema de informação geográfica e de processamento de imagens desenvolvido pelo Laboratório de Pesquisas do Corpo de Engenheiros de Construção do Exército Norte-americano (USA/CERL), desenhado para uso em atividades de planejamento ambiental e gerenciamento de recursos naturais, com interface para outros *softwares*. É um SIG interativo baseado no formato raster e vetorial, com funções voltadas para a análise de imagens, análise estatística e banco de dados. Encontram-se disponíveis as funções de sobreposição, análise e representação de dados na forma raster e vetorial, processamento de imagens, análise, classificação e geocodificação de imagens orbitais, além de aplicativos para digitalização e elaboração de mapas, incluindo funções de transformação de mapas de forma vetorial para raster e vice-versa.

IDRISI - Desenvolvido pela Graduate School of Geography da Clark University, Massachussets, baseado no formato *raster* de representação dos dados e executado em microcomputadores com Sistema Operacional Windows. O IDRISI é um *software* que reúne ferramentas nas áreas de processamento de imagens, sensoriamento remoto, SIG, geoestatística, apoio a tomada de decisão e análise de imagens geográficas. O usuário pode desenvolver programas específicos de forma a atender novas

aplicações. Utiliza banco de dados externo com interface para o Dbase e Access. Permite a migração de dados para outros *softwares*. Este sistema é indicado para atividades de ensino, pois se trata de um sistema que tem praticamente todas as funções que são normalmente encontradas em um SIG de maior porte, com um custo relativamente baixo.

MAPINFO - O MapInfo é um *desktop mapping*, com potencialidades semelhantes às do ArcView, que possibilita a visualização de dados geográficos, a análise desses dados e a impressão de mapas. A linguagem de desenvolvimento associada a este produto é o MapBasic, que permite personalizar o MapInfo e integrá-lo com outras aplicações ou aumentar as suas potencialidades básicas. O MapInfo permite realizar análises elaboradas com as extensões SQL e sistema *buid-in* de Gerenciamento num mapa de Bases de Dados relacionais como, por exemplo, encontrar um endereço, um código postal, um cliente específico ou outro elemento qualquer; calcular distâncias, áreas ou perímetros; criar ou modificar mapas; etc. Permite trabalhar com uma grande variedade de dados.

SPRING - O Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas foi desenvolvido pela Divisão de Processamento de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Trata-se de uma evolução dos sistemas SGI e SITIM, desenvolvidos para microcomputadores. Construído segundo o estado da arte em técnicas de modelagem e programação, combina uma interface com o usuário altamente interativa, interface de banco de dados que modela a metodologia de trabalho em estudos ambientais e manipulação unificada de dados espaciais, o que elimina o dilema *raster-vector*. Integra processamento de imagens, análise espacial e modelagem digital do terreno, além de interface com os bancos de dados. Opera em ambiente UNIX e Windows. É baseado num modelo de dados orientados-a-objetos, do qual são derivadas sua interface multi-janelas e a linguagem espacial LEGAL. Projetado especialmente para grandes bases de dados espaciais, implementa algoritmos inovadores para segmentação e classificação de imagens por regiões, restauração de imagens e geração de grades triangulares. Os dados geográficos são mantidos em um banco de dados relacional que suporta dados provenientes de sistemas comerciais como Dbase IV, Ingress e Oracle. O sistema de armazenamento suporta representações matriciais e vetoriais de dados geográficos que permitem armazenar de forma organizada e compacta diversos tipos de mapas temáticos, imagens aéreas, imagens de satélites e imagens de radar.

Considerações Finais

Atualmente a maioria das aplicações das geotecnologias está ligada à gestão municipal, meio ambiente, planejamento estratégico de negócios, agronegócios e *utilities*.

Gestão Municipal - Este é um dos usos clássicos das geotecnologias. Estima-se que cerca de 80% das atividades efetuadas numa prefeitura sejam dependentes do fator localização. Para as ações de planejamento urbano, os GIS são capazes de relacionar o mapa da cidade ao banco de dados com as informações de interesse do planejador. Por exemplo, é possível relacionar a localização dos postos de saúde e a população atendida, a localização das escolas e os endereços dos alunos em potencial, a pavimentação e as ruas de maior movimento, ou quaisquer outros cruzamentos de dados que levem em conta a componente espacial. Áreas de saúde pública podem mapear ocorrências de endemias e agir diretamente nos locais onde estas ocorrem, aumentando as chances de sucesso. Para o cadastro imobiliário, é possível relacionar cadastros urbanos com sua localização espacial, com valores cobrados e situação do contribuinte.

Meio Ambiente - Como monitorar o meio ambiente, principalmente em regiões remotas? Como conhecer e administrar regiões enormes e distantes como a região amazônica, por exemplo? As geotecnologias, principalmente as de sensoriamento remoto (imagens de satélites e radares), têm sido intensivamente usadas para esta finalidade.

Planejamento Estratégico de Negócios - Os novos conceitos de *business intelligence* não podem prescindir das ferramentas de geoprocessamento. Elas são capazes de mapear, literalmente, vários fatores fundamentais para o sucesso de um negócio, respondendo a questões como: onde estão os clientes, onde estão os fornecedores, onde estão os concorrentes, entre outros, de forma a permitir às empresas agir e decidir com informações muito mais precisas sobre seus negócios. Estas aplicações das geotecnologias têm sido chamadas de *geomarketing* ou estudos de geografia de mercado.

Agronegócios - São várias as aplicações das geotecnologias para o agronegócio. O uso de imagens de satélites e *softwares* específicos permite monitorar e prever safras. Da mesma forma, o domínio da componente geográfica permite o melhor planejamento e uso do solo, gestão de bacias hidrográficas e detecção de pragas. Podem ser aplicadas também na chamada Agricultura de Precisão, através do uso de equipamentos GPS e sistemas GIS, para tratar e analisar os dados coletados no campo.

Utilities - Os serviços públicos de saneamento, energia

elétrica e telecomunicações podem se valer das geotecnologias para relacionar as suas redes de distribuição às demais informações de seus bancos de dados. Particularmente, o mercado de telecomunicações está se aproximando muito do mercado de geoprocessamento, criando um novo segmento, chamado de LBS (*Location Based Services*), que pode ser definido como sendo uma

solução para um problema dependente de localização (ou o fator localização agregando valor a outros serviços), colocado à disposição em equipamento portátil ou móvel. As soluções de LBS, porém, são projetadas para serem acessíveis através de conexões com ou sem fio, *web browsers* e *paggers*.

ROSA, R. (2005). Geotechnologies on applied geographie. *Revista do Departamento de Geografia*, n. 16, p. 81-90.

Abstract: Geotechnologies are the set of technologies for collection, processing, analysis and presentation of information with geographic reference. The geotechnologies are composed for solutions in hardware, software and peopleware that together they constitute powerful tools for decision taking. Among the geotechnologies we can detach: geographic information systems, digital cartography, remote sensing, global positioning system and georeferenced topography. The extension of Brazilian territory and low knowledge about natural resources, besides the high cost of getting information by the use of conventional methods comprised decisive factors that led the country to the remote sensing by satellite program. Currently, it is estimated that about 80% of the activities provided by a city hall are dependent on localization. New concepts of business intelligence cannot to do without geoprocessing tools, which are able to map some critical factors needed to reach success in business. As well as in public services, like sanitation, electric energy supply and telecommunication, geotechnologic tools can be used to relate their distribution nets to the remaining information contained in their databases.

Key words: Geotechnologies; Geoprocessing; Geographic Information System; Remote Sensing.

Recebido em 7 de setembro de 2005, aceito em 2 de outubro de 2005.

Referências

- BURROUGH, P.A. (1987) *Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment*. Clarendon Press, Oxford. 193p.
- CLARKE, K.C. (1995) *Analytical and Computer Cartography*. Prentice-Hall, Enlewood Cliffs, NJ. 334p.
- MAGUIRE, D.; GOODCHILD, M.F.; RHIND, D.W. (1993) *Geographical Information Systems*. Longman Scientific & Technical, Vol. 1 e 2, NY.
- MOREIRA, M.A. (2003) *Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação*. Minas Gerais, UFV. 307p.
- NOVO, E.M.L.M. (1988) *Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações*. São Paulo, Edgard Blücher Ltda. 308p.
- ROSA, R. (2003) *Introdução ao Sensoriamento Remoto*. Uberlândia, EDUFU. 5. ed. 109p.
- ROSA, R. e BRITO, J.L.S. (1996) *Introdução ao Geoprocessamento: Sistema de Informações Geográficas*. Uberlândia, EDUFU. 104p.