

## TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO NO MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO: UMA INTRODUÇÃO

MOREIRA M.L.O.<sup>1</sup>; COSTA H.F.<sup>1</sup>; MEDEIROS, L.C.<sup>1</sup>; SILVA; C.R.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Superintendência de Geologia e Mineração/SIC, Av Laurício P. Rasmussen, n° 2535, Vila Yate, Goiânia-GO, (62) 3201-4041, [geoinformacao@cultura.com.br](mailto:geoinformacao@cultura.com.br).

CARVALHO T.M.<sup>2</sup>

<sup>2</sup>Universidade Federal de Goiás, IESA - Campus Samambaia, Goiânia-GO, (62) 3521-1095, [tmorato@infonet.com.br](mailto:tmorato@infonet.com.br).

### RESUMO

O Sistema de Informação Geográfica (SIG) é uma das Tecnologias da Informação (TI) que vem transformando o modo dos geógrafos conduzirem suas pesquisas. Nas últimas duas décadas, estas tecnologias causaram efeitos formidáveis nas técnicas de pesquisas específicas à disciplina. Algumas das ferramentas e métodos utilizados na TI para fins de mapeamentos geomorfológicos são: cartografia e CAD; fotogrametria e sensoriamento remoto; estatística espacial; SIGs; comunicação e colaboração; acesso a bibliotecas, materiais e fontes de pesquisa; publicação e disseminação. As TIs aplicadas ao mapeamento geomorfológico começaram a ser implementadas entre o final dos anos cinquenta e início dos anos setenta; foram desenvolvidos métodos sofisticados de modelagem matemática e estatística e disponibilizados os primeiros sensores remotos. Pesquisadores também começaram a antever o desenvolvimento de SIGs. Do meio da década de 70 ao início dos anos noventa foi um período considerado como de contágio. O primeiro *software* disponível para SIG ficou acessível aos usuários no final da década de 70. Neste contexto os SIGs desempenharam papel importante como integrador de tecnologias, emergindo como uma poderosa tecnologia que permite aos geocientistas integrarem dados e métodos de maneira a apoiar formas tradicionais de análise geográfica, como análises por sobreposição de mapas e novos tipos de análises e modelagem, que vão além da capacidade de métodos manuais. Com o SIG é possível elaborar mapas, modelar, fazer buscas e analisar dados, todos mantidos em banco de dados único. Informações advindas de sensores remotos como *grids SRTM (Shuttle Radar Topography Mission)*, imagens *LANDSAT 7 ETM+*, imagens *CBERS 2 CCD* fornecidas pelo INPE facilitam o trabalho de geocientistas, planejadores e gestores; Goiás disponibiliza pela *Internet* ([www.sieg.go.gov.br](http://www.sieg.go.gov.br)) e em CDs imagens já processadas. O Geocover 2000 (Fonte: NASA) consiste de imagens *LANDSATs TM* e *ETM+* de alta qualidade, relativamente livre de nuvens, ortoretificadas. Devido a sua precisão espacial são utilizadas para georreferenciamento do material utilizado em geoprocessamento, muitas vezes suprimindo a falta de uma base cartográfica. De qualquer forma uma base cartográfica digital vetorial é fundamental para a espacialização de informações temáticas. Em Goiás estão disponíveis nas escalas 1:1.000.000, 1:250.000, 1:100.000 (1:100.000 em fase de aquisição pela SGM/SIC.) temas referentes à infra-estrutura e ao meio físico.

Palavras-chave: Tecnologias da informação – SIG – Geoprocessamento – Sensoriamento remoto

### INTRODUÇÃO

Nas Geociências, inovações na aplicação de tecnologias da informação começaram no final dos anos cinquenta, sessenta e início dos anos setenta. Durante estes anos foram desenvolvidos métodos sofisticados de modelagem matemática e estatística e, disponibilizados dados e imagens dos primeiros sensores remotos. Pesquisadores também começaram a antever o desenvolvimento de Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Do meio da década de 70 até o início dos anos noventa foi um período de difusão da tecnologia. O primeiro *software* comercialmente disponível para SIG ficou acessível aos usuários no final da década de 70 e estimulou muitas experiências, da mesma forma que o desenvolvimento dos primeiros microcomputadores no início da década de 80. No final da

década de 80 e início da de 90 pesquisadores começaram a trabalhar de forma conjunta com a finalidade de acelerar o desenvolvimento das aplicações que se mostravam mais promissoras.

O SIG é uma das muitas Tecnologias da Informação que vem transformando o modo dos geógrafos conduzirem a pesquisa e oferecerem contribuições à sociedade. Nas últimas duas décadas, esta e outras tecnologias causaram efeitos formidáveis nas técnicas de pesquisas específicas à disciplina, bem como na forma pela qual os geógrafos e outros geocientistas se comunicam e colaboram.

## **ÁREA DE ESTUDO**

O Estado de Goiás tem sido a área fonte para os estudos e aplicações de metodologias, as quais a Superintendência de Geologia e Mineração (SGM) da Secretaria de Indústria e Comércio do Estado de Goiás (SIC) vem pesquisando e adaptando para mapeamentos temáticos regionais (geológico, hidrogeológico, geomorfológico entre outros) em escalas variando de 1:50.000 a 1:1.000.000.

## **METODOLOGIA**

Algumas das ferramentas e métodos utilizados na tecnologia da informação para fins de mapeamentos geomorfológicos são:

**Cartografia e CAD (desenho assistido por computador):** computadores oferecem aos cartógrafos vantagens equivalentes as que um editor de texto oferece aos escritores. Técnicas automatizadas são atualmente a regra em lugar da exceção na produção cartográfica.

**Fotogrametria e Sensoriamento Remoto:** a aerofotogrametria, técnica bem estabelecida para produção cartográfica e análise geográfica, é agora complementada pelo uso das informações de sensoriamento remoto, ativos ou passivos, provenientes de satélites artificiais.

**Estatística espacial:** A análise estatística e modelagem de padrões e processos espaciais têm confiado ao longo do tempo na tecnologia computacional. Avanços na tecnologia da informação fizeram estas técnicas mais amplamente acessíveis e permitiram os modelos expandirem-se em complexidade e escala para prover representações mais exatas dos processos do mundo real.

**Sistemas de Informação Geográfica (SIGs):** Estes sistemas permitem aos geocientistas coletar e analisar a informação muito mais rapidamente do que era possível

com técnicas tradicionais de pesquisa. O SIG pode ser visto como uma tecnologia integradora "que se apóia e amplia as técnicas que os geógrafos têm usado há muito tempo para analisar sistemas naturais e sociais".

**Comunicação e Colaboração:** internet, correio eletrônico, lista de discussão e bate papo (*chat*) tornam mais fácil para os pesquisadores disponibilizarem dados e informações, se comunicarem e compartilharem idéias, local, nacional e internacionalmente. Técnicas de ensino a distância tornam possível que aulas interativas e seminários ocorram simultaneamente em locais distantes.

**Acesso à Biblioteca, Materiais e Fontes de Pesquisa :** o acesso em rede aos recursos de pesquisas básicas e avançadas está se expandindo rapidamente. A partir dos seus escritórios, pesquisadores podem obter informações de bibliotecas, agências governamentais e instituições de pesquisa em qualquer parte do mundo

**Publicação e Disseminação:** as Tecnologias da Informação estão reduzindo substancialmente o custo de publicação e distribuição da informação como também reduzindo o tempo exigido para circular as mais recentes notícias e resultados de pesquisas.

Estes avanços na aplicação das tecnologias da informação nas Geociências continuarão ampliando os seus efeitos em um futuro previsível. Pesquisadores que estudaram a expansão das inovações tecnológicas na sociedade dividem o avanço dos processos em quatro fases:

**Iniciação:** Uma inovação primeiramente torna-se disponível.

**Contágio:** Experimentos de longo alcance são necessários para ver como a inovação pode ser adaptada para atender a uma grande variedade de necessidades comerciais e de pesquisas. Algumas, mas não necessariamente todas estas experiências funcionarão.

**Coordenação:** As aplicações mais promissoras da inovação ganham aceitação gradualmente e são desenvolvidas em colaboração. A coordenação dos experimentos ajuda a distribuir potencialmente os altos custos de desenvolvimentos adicionais e implementação.

**Integração:** Uma inovação é aceita e integrada em tarefas rotineiras de pesquisa.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### *Sistema de Informação Geográfica:*

Os SIGs têm desempenhado um papel importante como integrador de tecnologias. Ao invés de ser de natureza completamente nova, os SIGs têm unido várias tecnologias discretas em um todo, que é maior do que a soma das partes. O SIG vem emergindo como uma poderosa tecnologia porque permite aos geocientistas e outros pesquisadores integrarem seus dados e métodos de modo a apoiar as formas tradicionais de análise geográfica, tais como análises por sobreposição de mapas, bem como, novos tipos de análises e modelagem que vão além da capacidade de métodos manuais. Com o SIG é possível elaborar mapas, modelar, fazer buscas e analisar uma grande quantidade de dados, todos mantidos em um único banco de dados.

O desenvolvimento do SIG tem se baseado em inovações que ocorreram em disciplinas distintas: Geografia, Geologia, Cartografia, Fotogrametria, Sensoriamento Remoto, Topografia, Geodésia, Engenharia Civil, Estatística, Ciência da Computação, Pesquisas Operacionais, Inteligência Artificial, Demografia, e muitos outros ramos das Ciências Sociais, Ciências Naturais e Engenharias, com a contribuição de todas as disciplinas.

O SIG é uma base de dados digital de propósito especial no qual um sistema de coordenadas espaciais comum é o meio primário de referência. Requer recursos de:

1. Entrada dos dados a partir de mapas, fotografias aéreas, imagens de satélites;
2. Levantamentos de campo, e outras fontes;
3. Armazenamento, recuperação e busca de dados;
4. Transformação de dados, análise e modelagem, incluindo estatística espacial;
5. Comunicação (divulgação) dos dados, através de mapas, relatórios e planos.

Três observações devem ser feitas sobre esta definição: SIGs são relacionados a outras aplicações de banco de dados, mas com uma diferença importante - toda a informação em um SIG é vinculada a um sistema de referência espacial, enquanto outras bases de dados podem conter informação locacional (como endereços de rua ou códigos de endereçamento postal), mas uma base de dados de SIG usa geo-referências como o meio primário de armazenar e acessar a informação; o SIG integra tecnologias, enquanto outras tecnologias só podem ser usadas para analisar fotografias aéreas e imagens de satélite, para criar modelos estatísticos ou para traçar mapas, estas capacidades são todas oferecidas conjuntamente no SIG; e o SIG com seu conjunto de funções, deve ser visto como um processo ao invés de simplesmente como *software* e *hardware*. Os SIGs servem para

tomada de decisão. O modo no qual os dados são inseridos, armazenados e analisados dentro de um SIG deve refletir a maneira pela qual a informação será usada para uma pesquisa específica ou tarefa de tomada de decisão. Ver o SIG como somente um *software* ou sistema de *hardware* é perder de vista o papel crucial que ele pode desempenhar em um processo amplo de tomada de decisão.

### **Sensoriamento Remoto:**

A *SRTM (Shuttle Radar Topography Mission)* é um projeto conjunto entre a NGA (*National Geospatial-Intelligence Agency*), NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) e outros parceiros como a DLR (*Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt* – agência espacial alemã) e ASI (*Agenzia Spaziale Italiana*). O objetivo deste projeto é produzir dados digitais relativos à altitude geométrica para 80% da superfície de todas as áreas entre as latitudes 60° N e 56° S, com pontos a cada 30 m, sobre um *grid* latitude/longitude. A acurácia absoluta vertical neste caso é 16 metros (com 90% de confiança).

No caso do Brasil estão disponíveis apenas *grids SRTM 90* (resolução espacial de 90m). Para Goiás a SGM/SIC tratou estes dados que foram reamostrados para 30 m<sup>1</sup> (não melhora a precisão mas sim a qualidade visual do produto obtido).

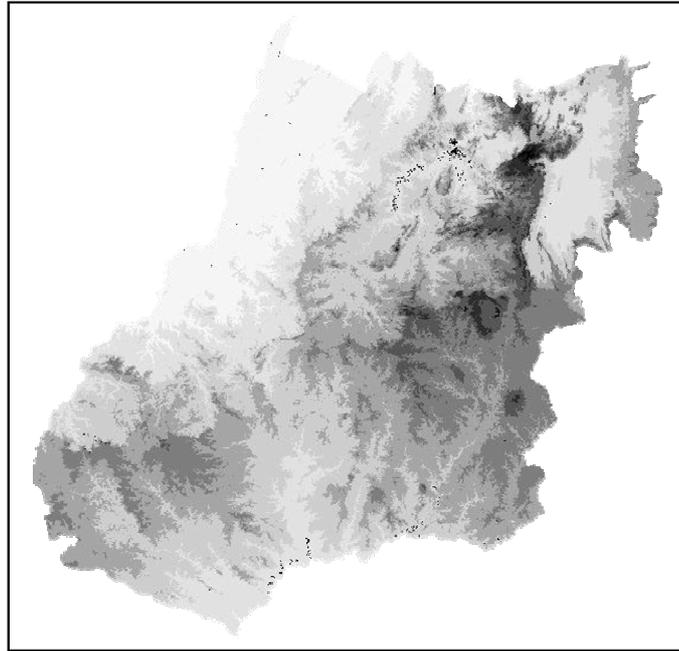
No caso de mapeamentos geomorfológicos o *SRTM* se constituiu numa das mais valiosas ferramentas surgidas na última década, permitindo a realização de modelagens MDT, realização de perfis, mapas de declividade, determinação de linhas de fluxo, de bacias e blocos diagramas. Em Goiás pesquisas neste ramo tem se destacado na análise macro-geomorfológica e geológica da bacia do Araguaia e mapeamento geomorfológico (Carvalho, 2003, 2005 e Latrubesse et al., 2005). Podem ainda ser gerados mapas topográficos (curvas de níveis) para áreas onde não se disponha destas cartas.

Na Fig.1 o *SRTM 90* foi reamostrado para 30m utilizando procedimento de “*fill sinks*” (preenchimento de depressões) e reamostragem cúbica

Para trabalhos em escalas regionais (até 1:50.000) imagens Landsat 7 ETM+ são ideais visto a relação custo/benefício. O *ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus)* é um *scanner* radiométrico carregado a bordo do satélite *Landsat 7*. Este sensor tem adquirido imagens praticamente sem interrupções desde Julho de 1999, com ciclos de 16 dias. Em 31 de maio de 2003 ocorreram problemas instrumentais.

---

<sup>1</sup> \* Metodologia sugerida pelo INPE Dr. José Simeão Medeiros



**Fig. 1 – SRTM**

Outra excelente opção para mapeamentos são as imagens *CBERS 2* fornecidas gratuitamente pelo INPE. O Programa *CBERS* nasceu de uma parceria inédita entre Brasil e China no setor técnico-científico espacial. Com isto, o Brasil ingressou no seleto grupo de países detentores da tecnologia de sensoriamento remoto obtendo uma poderosa ferramenta para monitorar seu imenso território com satélites próprios e buscando consolidar uma importante autonomia neste segmento. O satélite *CBERS* possui um conjunto de sensores ou instrumentos – *WFI* (Câmera de Amplo Campo de Visada) podendo imagear grandes extensões territoriais, de mais de 900 km com intervalos de aquisição de menos de 5 dias, *CCD* (Câmera Imageadora de Alta Resolução) resolução espacial: 20 metros; resolução espectral: bandas espectrais, mais uma pancromática – resolução temporal: 26 dias, *IRMSS* (Imageador por Varredura de Média Resolução) resolução espacial: 80 metros; resolução espectral: duas bandas espectrais na região do infravermelho médio e uma pancromática mais uma banda na região do infravermelho termal com 160 metros.

O Geocover 2000 é uma coleção que consiste de um conjunto global de dados de alta qualidade, relativamente livres de núvens, ortorretificados, de sensores *TM* e *ETM+*, imageados dos *Landsats 4, 5 e 7*. Este material foi selecionado e processado a partir do Programa Comercial de Sensoriamento Remoto da *NASA*, como parte de um esforço de cooperação entre a *NASA* e a comunidade de usuários de sensoriamento remoto a fim de que todos pudessem ter acesso a imagens de alta resolução e precisão. Devido a sua

precisão espacial estão sendo largamente utilizadas para georreferenciamento de todo o material utilizado em geoprocessamento.

***Base Cartográfica:***

Uma base cartográfica vetorial digital contínua é fundamental para a espacialização precisa de informações temáticas bem como para a análise da sua geometria. No caso de Goiás estão disponíveis nas escalas 1:1.000.000, 1:250.000, 1:100.000<sup>2</sup>: hidrografia (Fig.2), altimetria, limites municipais e estaduais, localidades, malha viária atualizada.

No mapeamento geomorfológico são importantes processamentos disponíveis pela TI que permitem a fusão de imagens, reamostragens. Como por exemplo associação de mapa temáticos a MDT (Fig. 3).

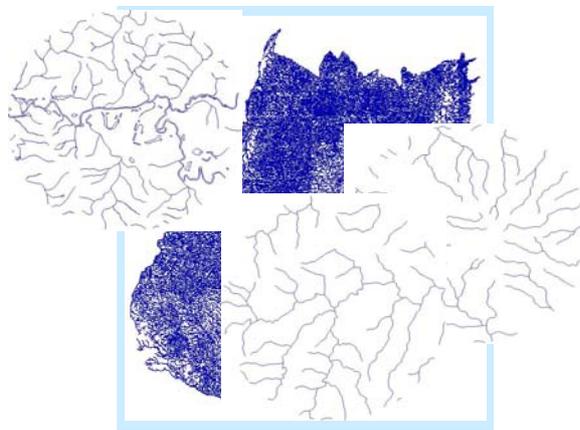


Fig. 2 - Padrões de drenagem

---

<sup>2</sup> 1:100.000 em fase de aquisição pela SGM/SIC.

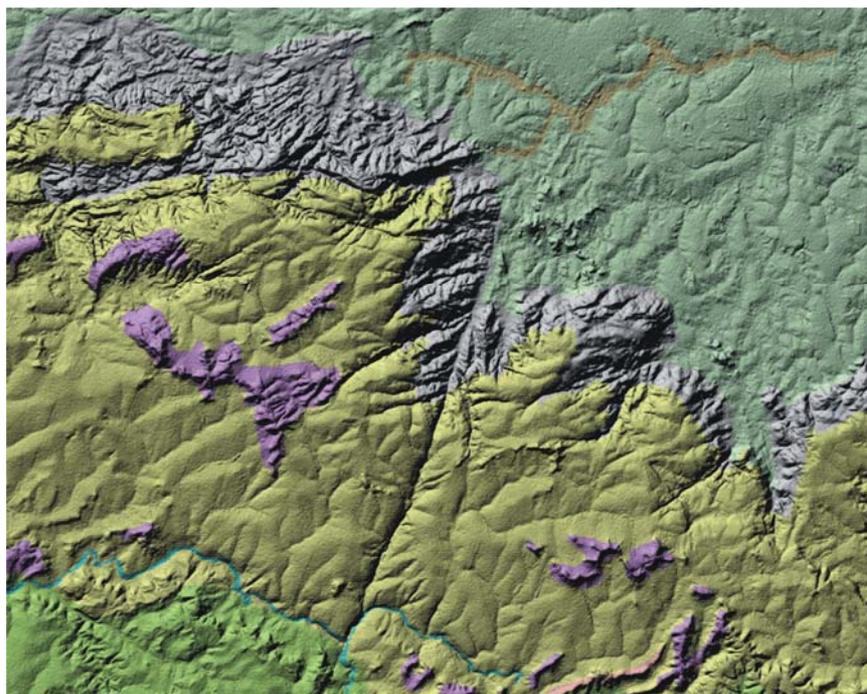


Fig. 3 – Fusão Geomorfologia + MDT

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

A *Internet* é atualmente um meio rápido, democrático e transparente para acesso a bibliotecas, materiais e fontes de pesquisa além de ser ferramenta para comunicação e divulgação dos materiais publicados. Dos materiais e ferramentas citadas neste trabalho são endereços que não podem faltar para geocientistas que trabalham com TI:

- Arquivos vetoriais, imagens processadas, mapas para impressão, mapa interativo e publicações relativos ao estado de Goiás e DF: <http://www.sieg.go.gov.br/>
- Imagens CBERS: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>
- SRTM: <http://seamless.usgs.gov/website/Seamless/>
- Geocover: <https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/>
- Gtopo: <http://edc.usgs.gov/products/elevation/gtopo30/gtopo30.html>
- Hidro1k: <http://edc.usgs.gov/products/elevation/gtopo30/hydro/index.html>
- Google: <http://www.google.com.br>