



Ministério da
Ciência e Tecnologia



INPE-15751-PUD/206

**DESASTRES NATURAIS E GEOTECNOLOGIAS – SISTEMAS DE
INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA
CADERNO DIDÁTICO Nº 4**

María Silvia Pardi Lacruz
Manoel de Araújo de Souza Filho

Registro do documento original:

sid.inpe.br/mtc-m18@80/2009/05.18.18.24

INPE

São José dos Campos
2009

Publicado por:

esta página é responsabilidade do SID

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)

Gabinete do Diretor – (GB)

Serviço de Informação e Documentação (SID)

Caixa Postal 515 – CEP 12.245-970

São José dos Campos – SP – Brasil

Tel.: (012) 3945-6911

Fax: (012) 3945-6919

E-mail: pubtc@sid.inpe.br

**Solicita-se intercâmbio
We ask for exchange**

Publicação Externa – É permitida sua reprodução para interessados.



Ministério da
Ciência e Tecnologia



INPE-15751-PUD/206

**DESASTRES NATURAIS E GEOTECNOLOGIAS – SISTEMAS DE
INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA
CADERNO DIDÁTICO Nº 4**

María Silvia Pardi Lacruz
Manoel de Araújo de Souza Filho

Registro do documento original:

sid.inpe.br/mtc-m18@80/2009/05.18.18.24

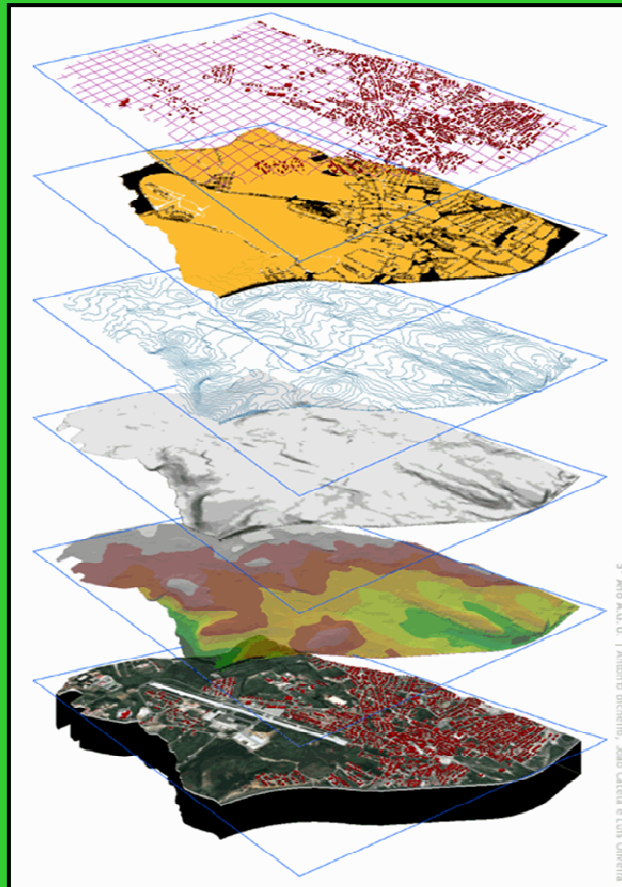
INPE

São José dos Campos
2009



Geodesastres - Sul
INPE - CRS

DESASTRES NATURAIS e GEOTECNOLOGIAS ***Sistemas de Informação Geográfica***



CADERNO DIDÁTICO Nº. 4

**Santa Maria, RS, Brasil
Maio de 2009**



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

DESASTRES NATURAIS E GEOTECNOLOGIAS

Sistemas de Informação Geográfica

*María Silvia Pardi Lacruz
Manoel de Araújo Sousa Júnior*

**INPE/CRS
Santa Maria**

2009

SUMÁRIO

		Pág.
1	INTRODUÇÃO	5
2	BREVE HISTÓRICO DOS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA	6
3	SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA	8
4	COMPONENTES DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA	10
5	REPRESENTAÇÃO DE DADOS	12
6	ESTRUTURA DOS DADOS	13
7	ANÁLISE DE DADOS	17
8	CAPACIDADES DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA ..	19
9	APLICAÇÕES DOS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA PARA O ESTUDO DE DESASTRES NATURAIS	24
10	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	27

PREFÁCIO

A Região Sul do Brasil e os países do MERCOSUL, bem como a América do Sul têm sido severamente impactados por desastres naturais, principalmente a partir da década de 70, que resultou em grandes prejuízos econômicos, assim como num elevado número de vítimas fatais. A maioria dos desastres está associada às instabilidades severas que causam entre outros, inundações, escorregamentos, vendavais, tornados e aos períodos de déficit hídrico caracterizados pelas estiagens. Além dos fatores, sócio-econômicos acredita-se que este aumento no registro de número de desastres naturais também pode estar diretamente vinculado às alterações do clima por decorrência das mudanças globais.

As geotecnologias, representadas principalmente pelas imagens de satélite, softwares de geoprocessamento e dados de GPS, progredem rapidamente. Hoje já é possível a obtenção de imagens de satélite de várias resoluções espaciais, espectrais e temporais como também há um aumento na disponibilidade de softwares para geoprocessamento, e, em alguns casos, ambos podem ser encontrados gratuitamente na internet. A popularização também do uso do GPS, utilizado principalmente nos trabalhos de campos em eventos de desastres, juntamente com as imagens e os softwares constitui-se no importante triângulo de ferramentas das geotecnologias, que auxiliam de forma decisiva na identificação, monitoramento e mapeamento de desastres naturais e eventos extremos, em todas as partes do mundo.

Estes dois fatores aliados, o aumento do número de desastres e a facilidade de acesso e uso das geotecnologias é o que move as atividades do Núcleo de Pesquisa e Aplicação de Geotecnologias em Desastres Naturais e Eventos Extremos para Região Sul do Brasil e MERCOSUL (GEODESASTRES-SUL), do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais-CRS, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), localizado em Santa Maria, no estado do Rio Grande do Sul.

A maioria dos órgãos e instituições envolvidos com desastres naturais tem observado que o dano causado por estes fenômenos muitas vezes poderia ser prevenido, reduzido ou minimizado, se a população em geral, os tomadores de decisão, os formadores de políticas e os formadores de opinião tivessem a correta noção do que são estes eventos. Muitas vezes a população e os tomadores de decisão confundem furacão com tornado, alagamento com enchente, etc. Esta falta de informação e a falta da correta definição de cada um dos fenômenos em muitos casos atrapalha a ação das autoridades, dos órgãos de defesa civil e levam a população a minimizar seus efeitos.

Muitos tomadores de decisão, planejadores e administradores também desconhecem a potencialidade das geotecnologias para a gestão, a prevenção e a mitigação de desastres naturais e eventos extremos.

Neste contexto o GEODESASTRES-SUL, numa iniciativa pioneira, criou o **Projeto Cadernos Didáticos-Desastres Naturais e Geotecnologias**, cujo objetivo é elaborar material didático sobre desastres naturais e geotecnologias visando informar e capacitar os tomadores de decisão e o público em geral acerca das causas, conseqüências e medidas preventivas que devem ser adotadas em relação aos principais tipos de desastres que ocorrem nesta região da América do Sul.

Tania Maria Sausen
Coordenadora GEODESASTRES-SUL

1. INTRODUÇÃO

A necessidade de representar a Terra ou parte dela se remonta a anos antes da era Cristã, quando ainda não tinha sido inventado o papel e os mapas eram elaborados sobre argila, seda ou algum tipo de fibra.

Com o estabelecimento dos princípios da cartografia no final do século XVII, a exatidão dos mapas melhorou em função dos cálculos mais precisos da latitude, longitude, do tamanho e forma da Terra.

No século XX a cartografia teve importantes inovações com o uso de fotografias aéreas e dados de satélite para a elaboração de mapas e com o desenvolvimento dos sistemas de informação geográfica e os sistemas de posicionamento global.

Os **sistemas de informação geográfica - SIG** permitem descrever a localização, características e forma das feições e dos fenômenos sobre a superfície terrestre (Goodchild, 2000).

Uma das funções mais amplamente utilizadas dos sistemas de informação geográfica é a sobreposição de informação, que permite realizar uma análise integrada dos dados. Os primeiros registros que se têm da sobreposição de mapas em forma manual são: a sobreposição de mapas para mostrar os movimentos das tropas na Batalha de Yorktown (1781) da revolução americana; o Atlas da Estrada de Ferro da Irlanda que mostrava em um mesmo mapa base a população, o fluxo de tráfego, a geologia e a topografia das áreas onde passava a estrada de ferro (1850); e, tal vez o exemplo mais conhecido, o do Dr. Snow que em 1854 correlacionou a distribuição dos poços de água da cidade de Londres e os registros de casos de cólera, e verificou que a maioria dos casos estavam concentrados em torno de um único poço, confirmando a hipótese de que a água é o agente transmissor da doença (Goodchild e Kemp, 1990).

No início, os sistemas de informação geográfica estavam restritos a um pequeno número de pesquisadores e de aplicações, devido às limitações de

hardware e *software*. Hoje, esta tecnologia tem crescido rapidamente e tem aplicações para diversas áreas tais como manejo de recursos naturais, análise ambiental, saúde pública, planificação urbana e regional, mapeamento de desastres naturais, dentre outros. O crescimento acelerado do uso dos sistemas de informação geográfica está relacionado com o aumento da demanda de informação e os desenvolvimentos da tecnologia da computação.

2. BREVE HISTÓRICO DOS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

O primeiro sistema de informação geográfico foi o *Canadian Geographic Information System*, desenvolvido em meados da década de 60 pelo Governo de Canadá com o objetivo de analisar os dados coletados pelo Inventário de Terras desse país e para gerar tabelas das quantidades de terras disponíveis para diferentes tipos de desenvolvimentos e usos.

Nos anos 80 começaram a aparecer os primeiros sistemas de informação geográfica comerciais que realizavam funções complexas, pouco precisas ou muito caras para serem realizadas manualmente, tais como medidas de área e comprimento, estatísticas simples e algumas análises espaciais.

Rapidamente, a comunidade científica reconheceu o potencial desta ferramenta e entre os anos 80 e 90 os sistemas de informação geográfica surgiram como uma ferramenta fundamental em diferentes disciplinas relacionadas com a superfície terrestre.

Recentemente, os sistemas de informação geográfica têm sofrido transformações significativas. O surgimento da Internet e da Rede Mundial de Computadores (*World Wide Web - WWW*) introduziram uma mudança de perspectiva, na qual os sistemas de informação geográfica são considerados como uma forma de troca de informação.

Os avanços da tecnologia permitem que estes sistemas não fiquem apenas confinados aos escritórios, mas que também sejam levados ao campo em computadores portáteis. No final da década de 90 surgiram os *Web GIS*,

que são sistemas de informação geográfica implementados para serem acessados por um navegador via Internet, como por exemplo, Firefox, Explorer, Opera, Chrome, Nautilus e Safari.

No Brasil, os primeiros grupos interessados nos sistemas de informação geográfica surgiram no início dos anos 80 após a visita ao país do Dr. Roger Tomlinson, responsável pela criação do *Canadian Geographic Information System* (Câmara e Davis, 2001). Alguns dos grupos de pesquisa e desenvolvimento de sistemas de informação geográfica foram:

- Setor de Informática da empresa de aerolevanteamento AeroSul que desenvolveu um sistema para a automatização de processos cartográficos e posteriormente lançaram o MaxiCad;
- Grupo do Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Rio de Janeiro que desenvolveram o Sistema de Análise Geo-Ambiental – SAGA;
- Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da TELEBRÁS que criou o Sistema Automatizado de Gerência da Rede Externa de Telefonia – SAGRE;
- Divisão de Processamento de Imagens – DPI do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, que desenvolveram o Sistema de Tratamento de Imagens – SITIM e o Sistema de Informações Geográficas – SGI ambos para ambiente PC/DOS e posteriormente, o Sistema para Processamento de Informações Geográficas - SPRING e o TerraView que podem ser usados em Linux, Unix e Windows.

Em novembro de 2008 o Governo do Brasil teve a iniciativa de criar por decreto o Sistema de Informações Geográficas do Brasil - SIG Brasil, portal principal para acesso aos dados, metadados e serviços relacionados do Diretório Brasileiro de Dados Geoespaciais – DBDG (Brasil, 2008).

3. SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

Os sistemas de informação geográfica surgiram como uma solução para armazenar, manipular e gerar saídas gráficas do grande volume de informação geográfica existente, proveniente de diversas fontes. Entende-se por **informação geográfica** aquela informação em que a dimensão espacial está associada à localização na superfície da terra, num determinado instante ou período de tempo.

É importante destacar que a **ciência da informação geográfica** é a disciplina do conhecimento que estuda os princípios relacionados com a aquisição, manipulação, processamento, análise, visualização e armazenamento de dados geográficos (Goodchild, 1992). Esta ciência também é denominada **geoinformação, geoprocessamento ou geocomputação** (Fotheringham e Wilson, 2008).

Os **sistemas de informação geográfica** referem-se exclusivamente aos *softwares* utilizados para coletar, visualizar, transformar, analisar e armazenar dados espacialmente referenciados ou dados georeferenciados (Goodchild, 1992).

Geralmente, os sistemas de informação geográfica são representados por um conjunto de **planos ou camadas de informação** georreferenciados de um mesmo lugar (Figura 1). Cada plano de informação corresponde a um tipo de dado, por exemplo: vegetação, solos, geomorfologia, geologia, uso do solo.

Os sistemas de informação geográfica integram conceitos, teorias e técnicas de uma ampla gama de disciplinas o que permite perspectivas inovadoras e sinergias para uma melhor compreensão do mundo.

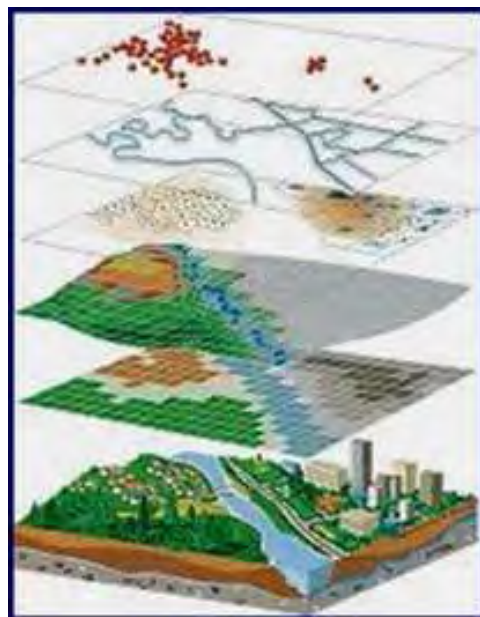


Figura 1 – Modelo conceitual de um sistema de informação geográfica onde podem ser vistas diversas camadas ou planos de informação.

Sistemas de Informação Geográfica

“Conjunto poderoso de ferramentas para coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar **dados sobre o mundo real**” (Burrough, 1986).

“Um sistema de suporte à decisão que integra **dados referenciados espacialmente** num ambiente de respostas a problemas” (Cowen, 1988).

“Um banco de **dados indexados espacialmente**, sobre o qual opera um conjunto de procedimentos para responder a consultas sobre entidades espaciais” (Smith et al. 1987).

A representação dos objetos dentro de um sistema de informação geográfica deve levar em consideração três aspectos:

- A **localização** do objeto na superfície da Terra, dado por um sistema de coordenadas;

- Os **atributos** ou características dos objetos: cor, pH, tipo de vegetação;
- As **relações espaciais** entre os diferentes objetos tais como adjacência, proximidade e conectividade.

4. COMPONENTES DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

Os sistemas de informação geográfica têm basicamente três componentes: o **hardware** (computador), os aplicativos do **software** (programas) e os **usuários** (Burrough e McDonnell, 2000) (Figura 2). Estes componentes devem estar integrados para que o sistema funcione de maneira satisfatória. O fato de dispor do *software* isoladamente ou de um grupo de mapas georreferenciados, não implica necessariamente que se tenha um sistema de informações geográficas.

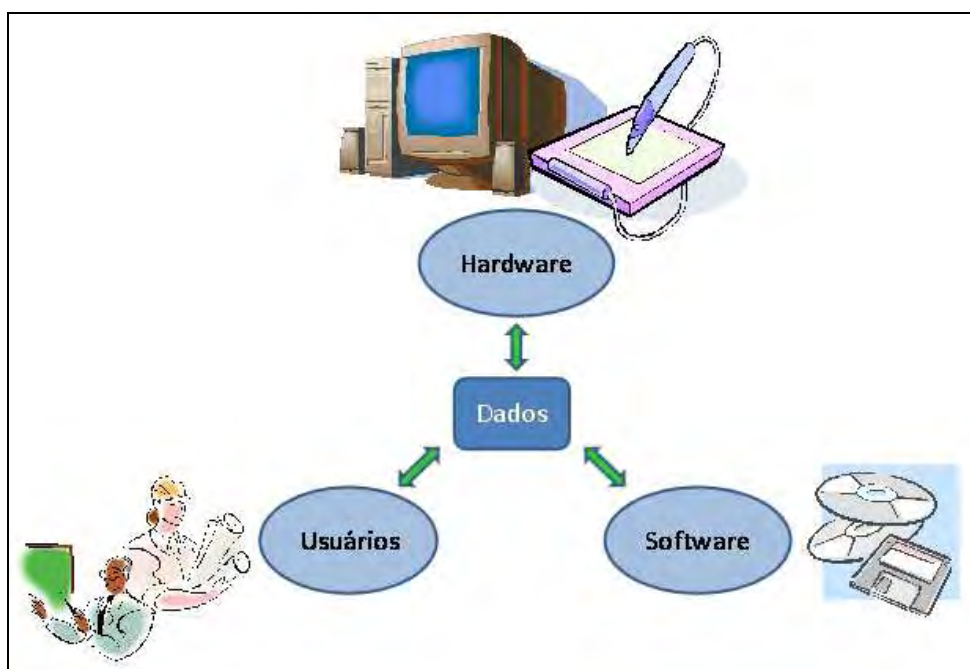


Figura 2 – Componentes de um sistema de informação geográfica.

Um sistema de informação geográfica deve dispor do *hardware* necessário para suportar a entrada, saída, armazenamento, recuperação, visualização e análise dos dados. No início, os sistemas de informação existentes requeriam uma grande capacidade computacional (*mainframes* ou estações

de trabalho) para realizar os processamentos. Na atualidade, com o avanço na capacidade dos computadores existe uma variedade de plataformas, que vão desde *mainframe* (computadores de grande porte) até minicomputadores ou inclusive, *palm tops* que permitem utilizar sistemas de informação geográfica.

Adicionalmente, existe uma série de periféricos para a entrada de dados no sistema, tais como mesas digitalizadoras e *scanners*; a geração de saídas através de *plotters* e impressoras; além do armazenamento de dados em discos externos.

Em relação aos *softwares*, há uma grande variedade de sistemas tanto comerciais como de domínio público, para as diferentes plataformas de *hardware*. Os sistemas de informação geográfica devem realizar basicamente as seguintes funções: entrada e verificação de dados, armazenamento de informação e gerenciamento do banco de dados, geração de saídas e apresentação de resultados, transformação de dados, e por último, interação com o usuário. As diferenças entre os sistemas disponíveis são a complexidade das análises e a quantidade de dados e informação que suportam.

- **Entrada e verificação de dados:** refere-se à captura de informação espacial de mapas, observações de campo ou imagens de sensoriamento remoto e a conversão desta informação em formato digital. Os dados de entrada de um sistema de informação geográfica devem estar georreferenciados, ou seja, registrados em relação a um mesmo sistema de coordenadas.

Dentro deste item também deve ser considerada a relação dos atributos espaciais com os não espaciais, e a inserção destes últimos dentro do sistema.

Uma vez que os dados estão dentro do sistema de informação geográfica é importante verificar se não há erros de localização, escala, precisão, omissão ou outro tipo de erros, como duplicidade de informação.

- **Armazenamento da informação e gerenciamento do banco de dados:** A criação e estruturação de um banco de dados digital é um processo que demanda tempo e dinheiro, e um ponto essencial é que a informação contida no banco esteja armazenada em forma segura e organizada para as diferentes aplicações.
- **Geração de saídas e apresentação de resultados:** os sistemas de informação geográfica permitem visualizar os resultados das análises realizadas em formato digital ou analógico, em forma de mapas, tabelas e gráficos estáticos. No entanto, avanços mais recentes na tecnologia da computação permitem a visualização dinâmica dos resultados como séries de vistas mostradas em forma seqüencial.
- **Transformação de dados:** compreende os processos de transformação dos dados para a remoção de erros ou para a atualização, de maneira que possam ser integrados com os outros dados contidos no sistema, assim como os métodos de análise aplicados.
- **Interação com o usuário:** abrange a consulta do banco de dados e a definição dos parâmetros para a análise e modelagem dos dados.

O último componente dos sistemas de informação geográfica são os usuários, tanto os usuários responsáveis pelo funcionamento e manutenção do sistema, os usuários finais, como aqueles que são responsáveis pela coleta e compilação dos dados.

5. REPRESENTAÇÃO DE DADOS

Como um sistema de informação geográfica é um programa de computador é necessário fazer a representação de todos os objetos com características espaciais dentro deste sistema. Convencionalmente são considerados objetos espaciais:

- **Pontos** - Feições associadas a um par de coordenadas (x, y) e são tão pequenos que não tem uma área. O ponto não tem nenhuma

propriedade geométrica, a não ser sua localização. Exemplo: poços de água, picos de montanha, poços de petróleo, local atingido por um raio.

- **Linhas** - Arcos e linhas representam feições que tem as mesmas características. As linhas diferem dos pontos por terem propriedades geométricas de comprimento e direção. Exemplo: sistemas de rodovias, linhas de transmissão, lineamentos geológicos, redes fluviais, rotas de ônibus urbanos.
- **Polígonos** - Representam feições de mapas que têm propriedades geométricas de área e perímetro. A borda dos polígonos é definida por uma série de arcos que se fecham. Exemplo: manchas de inundação, área afetada por estiagem, bacias hidrográficas, lagos, área de risco de deslizamento, área de floresta.

6. ESTRUTURA DOS DADOS

A representação do espaço pode ser realizada de duas maneiras, a primeira que descreve o espaço a partir de objetos ou fenômenos localizados por um par ou um conjunto de coordenadas, e a segunda que representa uma variação contínua de um fenômeno. Os sistemas de informação geográfica contemplam estas duas formas de representação dos dados a partir da definição dos formatos **vetorial** e **matricial**.

Vetorial - Na estrutura vetorial os dados definem bordas ou direção de feições por uma série de pontos que quando juntos formam linhas, representando a extensão gráfica do objeto representado. Os pontos são codificados com conjuntos de pares (x, y) que são as coordenadas geográficas desses pontos.

Os polígonos são representados por arcos formados por uma seqüência de linhas que não se interceptam, onde as coordenadas inicial e final coincidem e, uma série de polígonos forma uma superfície (Burrough e McDonnell, 2000). Na abordagem **vetorial** os todos os tipos de objetos espaciais podem ser representados (Figura 3).

VETOR	Pontos	Linhas	Polígonos
Feições			
Áreas			
Redes			
Amostras			
Superfícies			
Rótulos/ textos			
Símbolos			

Figura 3 – Formas de representação gráfica de dados geográficos no formato vetorial

Fonte: Adaptado de Burrough e McDonnell, 2000.

Matricial ou raster - A estrutura matricial consiste em um conjunto de células (ou *pixels*) localizadas em coordenadas contíguas, como uma matriz de duas dimensões. O atributo geográfico de cada célula é definido por sua localização na matriz (linha e coluna). As células podem ter formatos triangulares, hexagonais e retangulares, sendo este último o mais utilizado. Cada célula contém um número que representa o tipo ou valor do atributo.

Na representação matricial, um ponto é representado por uma célula (ou *pixel*), uma linha pela junção de duas ou mais células, e uma área contínua por um grupo de células vizinhas representados por um valor uniforme. A abordagem **matricial** apresenta limitações para a representação, principalmente, de redes e de textos ou rótulos (Figura 4).

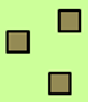
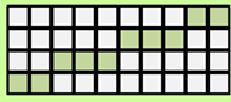
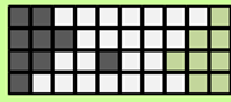

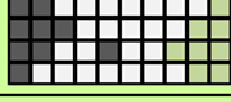


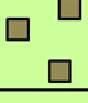



MATRIZ	Pontos	Linhas	Polígonos
Feições			
Áreas		—	
Redes	—	—	—
Amostras		—	
Superfícies		—	
Rótulos/ textos	—	—	—
Símbolos			

Figura 4 – Diferentes formas de representação gráfica de dados geográficos em formato matricial.

Fonte: Adaptado de Burrough e McDonnell, 2000.

No formato vetorial os atributos são armazenados separadamente das características espaciais. Já o formato matricial apresenta mais adequado para se fazer simulação e modelagem de dados, sobreposição entre camadas de dados, e representação de fenômenos contínuos no espaço (Tabela 1).

Tabela 1 –Comparação entre os modelos Vetorial e Matricial

Modelo	Vantagens	Desvantagens
Vetorial	<ul style="list-style-type: none"> • Estrutura compacta • Mapa representado na resolução original • Eficiência na análise de relações espaciais • Adequado para grandes escalas (1:25.000 e maiores) • Pontos, linhas e polígonos representam com precisão todas as formas de dados 	<ul style="list-style-type: none"> • Estrutura complexa • Difícil para fazer operações de sobreposição entre camadas de dados • Não representa fenômenos com variação contínua no espaço • Difícil para fazer modelagem e simulação
Matricial	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil de fazer operações de sobreposição • Adequado para pequenas escalas (1:50.000 e menores) • Simulação e modelagem mais fáceis • Ideal para representar fenômenos contínuos no espaço tais como temperatura ou modelos de elevação • Análise geográfica rápida • Fácil de programar 	<ul style="list-style-type: none"> • Possível perda de resolução • Complexidade na representação de relacionamentos topológicos • Arquivos ficam muito grandes • Dificuldade para associar atributos a feições

7. ANÁLISE DE DADOS

A análise de dados é o principal elemento que distingue os sistemas de informação geográfica dos sistemas de cartografia automáticos e dos programas de manipulação de dados espaciais. Esse processo trata dados geográficos que possuem localização geográfica e atributos descritivos. Para Meaden e Kapetsky (1991) a análise de dados pode ser classificada em:

1. Análise espacial
2. Análise estatística, e
3. Medições.

A **análise espacial** contempla a integração e agrupamento de camadas de dados para produzir uma nova superfície para análise. Como os dados geográficos não existem isolados no espaço, é importante descobrir e representar as relações existentes entre esses dados.

Análise Espacial		
Análise	Pergunta	Exemplo
Condição	O que?	Qual o número de desastres naturais ocorridos num período determinado?
Localização	Onde?	Quais as áreas de vulnerabilidade com declividade acima de 25%?
Tendência	O que?	Esta região sofria com inundações antes da modificação no leito do rio?
Roteamento	Por onde ir?	Qual o melhor caminho para chegar ao hospital mais próximo?
Padrões	Qual o padrão?	Qual a distribuição da estiagem na região sul do Brasil?
Modelos	O que acontece se?	Quais as conseqüências se a estiagem for mais prolongada?

Na **análise estatística** são efetuadas descrições numéricas dos dados, tais como cálculo de média, moda, mediana, somatório, freqüência, medidas de dispersão, correlação espacial, correlação por posição e análise de vizinho mais próximo.

As **medições** incluem operações que podem ser realizadas em um ou mais planos de informação. Esta é uma ferramenta muito utilizada por sua praticidade e quantidade de aplicações possíveis. Como exemplos se têm enumeração de feições, medida de distância, cálculo de áreas, perímetros e volumes, cálculo de ângulos, e armazenamento de medidas de direções (Figura 5).

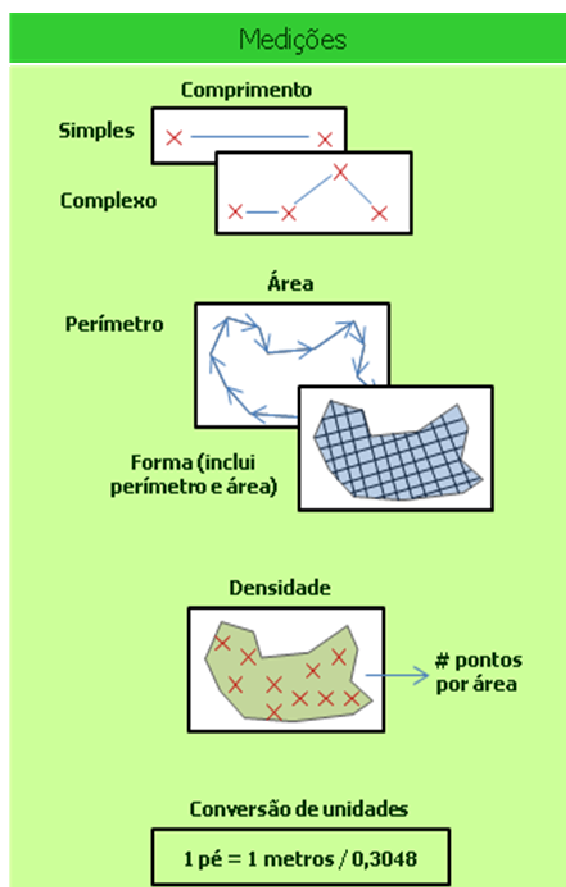


Figura 5 – Exemplos de medições que podem ser realizadas em um sistema de informação geográfica.

Fonte: Adaptado de Burrough e McDonnell, 2000.

Muitas vezes se necessita saber com precisão qual é a distancia entre o local onde ocorreu um vazamento de produtos químicos e o curso de água mais próximo (medida entre dois pontos); qual foi a área afetada pela inundação dentro da área urbana (medida de área); quantos habitantes residem dentro da área afetada por um tornado (medida de densidade).

8. CAPACIDADES DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

8.1 Consulta à Base de Dados

A consulta à base de dados é uma característica dos sistemas de informação geográfica que permite encontrar, visualizar e manipular informações para obter novos produtos, agregando informação ao conteúdo existente. Para isto existem as funções de álgebra de mapa, operadores de distância e operadores de contexto.

8.2 Álgebra de Mapas

A álgebra de mapas permite combinar matematicamente camadas ou planos de informação. Assim, por exemplo, é possível gerar um mapa de profundidade de um corpo de água utilizando como base o mapa topográfico e um plano de informação que contenha os corpos de água; o mapa de habitat é obtido através de álgebra de mapas como tipos de solo, vegetação e água (Figura 6).

As ferramentas de álgebra de mapas contem tipicamente três classes de operações:

- **Modificar aritmeticamente** os atributos dos valores dos dados sobre um espaço por uma constante (exemplo: escalar).
- **Transformar matematicamente** os atributos dos valores dos dados por uma operação padrão (exemplo: funções trigonométricas, transformações logarítmicas, dentre outras).

- **Combinar matematicamente** (adicionar, subtrair, multiplicar, dividir) diferentes camadas de dados para produzir um resultado composto.

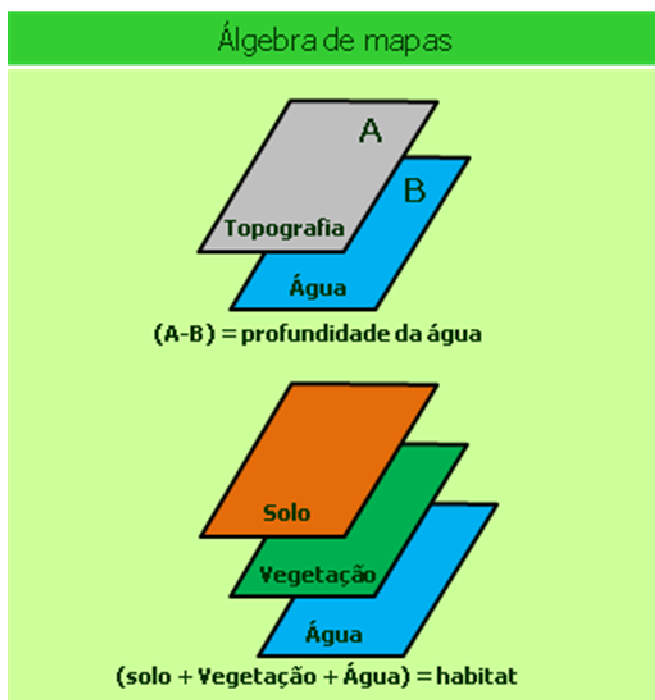


Figura 6 – Exemplos de álgebra de mapas.

Fonte: Adaptado de Burrough e McDonnell, 2000.

8.3 Operadores de Distância

Os operadores de distancia são ferramentas utilizadas para determinar faixas de distâncias ou *buffers* a partir de pontos, linhas ou polígonos; a distância é definida pelo usuário e podem ser definas faixas de extensões diferentes. Eles são úteis para determinar áreas de influência onde ocorreu algum tipo de desastres, por exemplo, no caso de derrame de produtos tóxicos, pode-se determinar diferentes áreas de *buffer*, com diferentes distâncias, onde se determinaria a influência deste produto tóxico sobre o ser humano e o meio-ambiente (Figura 7).

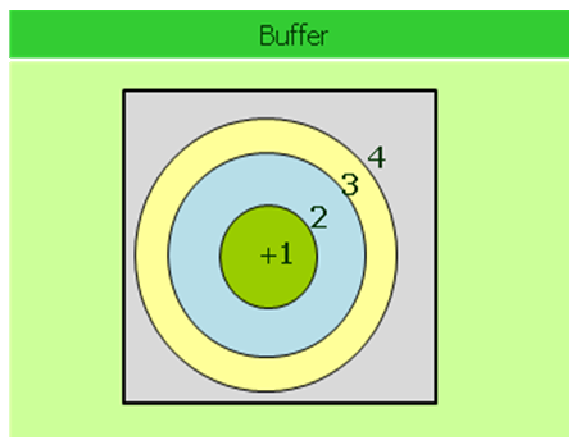


Figura 7 – Exemplo de um *buffer* a partir de um ponto, cada cor indica uma faixa de distância do ponto.

Fonte: Adaptado de Burrough e McDonnell, 2000.

8.4 Operadores de Contexto

Os operadores de contexto são utilizados para gerar um novo mapa (ou camada de informação) com base nas informações de mapas existentes e no contexto no qual a feição é encontrada. Estes operadores podem ser de vizinhança ou operadores locais.

A **classificação** é provavelmente a operação mais básica de um sistema de informação geográfica, consiste no cruzamento de planos de informações, tais como uso do solo, geologia, relevo, rede de drenagem, área atingida pelo desastre, com base em regras e como resultado se tem um novo plano com novas informações, podendo gerar um mapa da área de ocorrência do desastre e seus conseqüentes danos, considerando as características do local. Por exemplo, a partir dos tipos de solos e da declividade é possível gerar um mapa de áreas potencialmente susceptíveis à erosão (Figura 8).

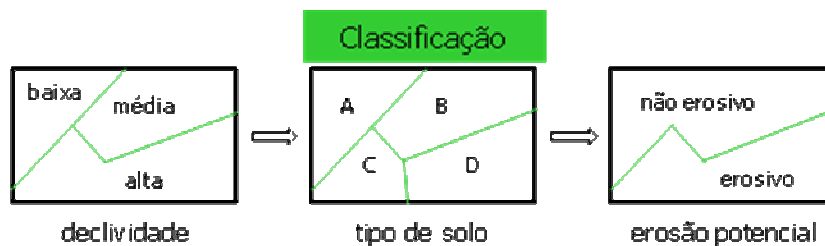


Figura 8 – Exemplo da utilização do operador de contexto classificação.

Fonte: Adaptado de Burrough e McDonnell, 2000.

A generalização de objetos ou feições de um plano ou camada de informação é realizada a partir da operação de **agregação**, muitas vezes a generalização é necessária para reduzir a quantidade de informação presente, sem perder a consistência da mesma (Figura 9)



Figura 9 – Agregação de informação.

Fonte: Adaptado de Burrough e McDonnell, 2000

A **sobreposição** é uma ferramenta muito útil, pois facilita o cruzamento de planos de informação (plano de informação relevo, rede de drenagem, área de inundação, uso e cobertura do solo, população, classes econômicas, ocorrências de enfermidades). O operador de classificação é diferente da sobreposição, já que nesta última os planos de informação são cruzados gerando classes que são a combinação das informações contidas nos planos de origem (Figura 10).



Figura 10 – Operador de sobreposição: as classes resultantes são combinação dos planos de informação de origem.

Fonte: Adaptado de Burrough e McDonnell, 2000.

Os operadores de **redes** são usados para representar dados onde o fluxo ou direção deve ser considerado. Por exemplo, um plano de informação com a rede viária de uma determinada cidade pode ser representado como linhas, no entanto, si se deseja conhecer qual o menor percurso que um carro de bombeiros deve fazer até o lugar de um desastre, o sentido de cada rua ou avenida tem que ser levado em conta (Figura 11).

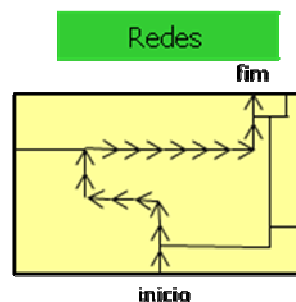


Figura 11 – Representação de redes.

Fonte: Adaptado de Burrough e McDonnell, 2000.

Como exemplos de operadores de redes se têm: redes de drenagem, malha urbana, rodovias, linhas de transmissão elétrica, redes de telefonia, rotas de emergência, redes de abastecimento de água, redes de esgotos e rotas de fugas em situações de emergência.

Existem dois tipos de redes: a radial ou de árvore como a drenagem, e a rede fechada (looped) que geralmente contem intersecções, como a rede abastecimento de água de uma cidade.

8.5 Conversões Geométricas

As conversões geométricas são utilizadas para ajustar dois ou mais mapas a uma mesma base ou a um sistema de referência. As conversões geométricas podem ser feitas através de:

- Transformação entre sistemas de coordenadas ou entre projeções.
- Mudanças de escala.
- Rotação para uma orientação específica.
- Distorção de escala causada por instabilidade do sensor.

8.6 Dados de Saída

Nos sistemas de informação geográfica, a diferencia de outros sistemas, o dado de saída não representa o final do processo, e podem ser mostrados na tela e/ou armazenados durante qualquer estágio do processamento. Os dados de saída são uma representação dos resultados da manipulação de diferentes planos de informação, em uma forma que seja compreensível para os usuários. A saída pode ser na forma de:

1. Visualização na tela
2. Mapas
3. Gráficos
4. Relatórios de texto ou tabelas
5. Estatísticas
6. Arquivos de dados que podem ser exportados para outros sistemas de informação geográfica ou para outra base digital
7. Dados de entrada em modelos.

9. APLICAÇÕES DOS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA PARA O ESTUDO DE DESASTRES NATURAIS

A gestão de desastres naturais requer um grande volume de dados espaciais multitemporais proveniente de diversas fontes, em diferentes escalas, projeções e sistemas de coordenadas, pelo que se faz necessário

dispor de uma ferramenta que permita a integração e análise destes dados de maneira eficiente e oportuna. Os sistemas de informação geográfica podem, por exemplo, melhorar a qualidade das análises dos desastres naturais, orientar as atividades de planejamento, definir medidas de mitigação e implementar ações de respostas em casos de emergências.

As aplicações dos sistemas de informação geográfica para a gestão de desastres naturais estão limitadas unicamente pela quantidade de informação disponível e pela imaginação do analista (OEA, 1991).

As geotecnologias podem ser utilizadas nas diferentes fases da gestão dos desastres naturais, tais como: prevenção, preparação, resposta e reconstrução (Cutter, 2003). Especificamente, os sistemas de informação geográfica são utilizados na integração de estimadores sociais e biofísicos para a geração de mapas de perigo, vulnerabilidade e risco; no planejamento dos procedimentos de evacuação; monitoramento de desastres; implementação de sistemas de alerta; e, inventário e avaliação de danos, dentre outros.

Os sistemas de informação geográfica têm um importante papel na gestão dos desastres naturais tanto em nível nacional, regional como local (Van Westen, 2002). Em nível nacional provêm informação para a tomada de decisões, definições de políticas públicas e na definição de medidas para reduzir a vulnerabilidade de determinadas áreas. Adicionalmente, os sistemas de informação geográfica podem ser utilizados para o inventário de desastres, na determinação das áreas menos impactadas e por tanto mais aptas para desenvolvimentos.

Em nível regional os sistemas de informação geográfica são utilizados para o mapeamento de risco de determinados desastres, e na identificação de áreas onde devam ser priorizadas as estratégias de mitigação ou áreas que devam ser estudadas em detalhe.

Para finalizar, em nível local os sistemas de informação geográfica podem ser utilizados para gerar mapas de perigos e riscos e nas atividades de prevenção e preparação antes de um desastre.

A Figura 12 mostra o mapa resultante da sobreposição dos planos de informação risco de deslizamentos e de inundação, do mapa de duração de terremotos com a infra-estrutura de serviços e o uso do solo.

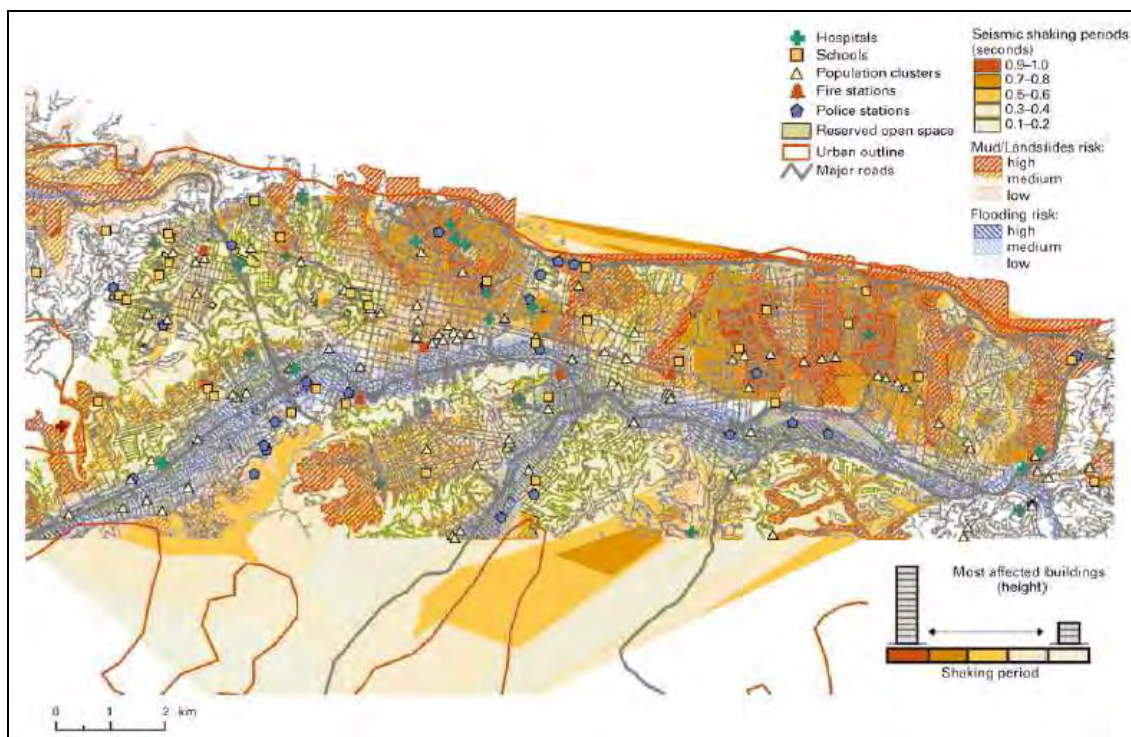


Figura 12 - Mapa resultante da integração em um sistema de informação geográfica de mapas de riscos de diferentes desastres com a infra-estrutura de serviços existentes para a área metropolitana da cidade de Caracas.

Fonte: Czuchlewski et al., 2006.

Existem sistemas de informação geográfica online que disponibilizam informação em tempo quase real que pode ser utilizada na definição de planos de evacuação (Brecht, 2008).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Decreto no. 6.666 de 27 de novembro de 2008. Institui, no âmbito do Poder Executivo federal, a Infra-Estrutura Nacional de Dados Espaciais - INDE, e dá outras providências. 2008. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6666.htm. Acesso em: 10 dez. 2008.

BRECHT, H. The application of geo-technologies after hurricane Katrina. In: NAYAK, S.; ZLATANOVA, S. (Ed.). Remote sensing and GIS technologies for monitoring and prediction of disasters. Berlin: Springer-Verlag, 2008. p. 25-36.

BURROUGH, P. A. **Principles of geographical information systems**. Oxford: Oxford University Press, 1986. 193 p.

BURROUGH, P. A.; MCDONNELL, R. A. **Principles of Geographical Information Systems**. Oxford: Oxford Press University Press. 2000. 333 p.

CÂMARA, G.; DAVIS, C. Introdução. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. (Ed.). **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>. Acesso em: 30 nov. 2008.

COWEN, D. J. GIS versus CAD versus DBMS: what are the differences? **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 54, n. 11, p. 1551-1555, Nov. 1988.

CUTTER, S. L. GI Science, Disaster, and Emergency Management. **Transactions in GIS**, v. 7, n. 4, p. 439-445, Oct. 2003.

CZUCHLEWSKI, K. R.; JACOB, K. H.; LERNER-LAM, A. L.; VRANES, K. Multihazard risks in Caracas, República Bolivariana de Venezuela. In: ARNOLD et al. **Natural Disaster Hotspots: case studies**. Washington DC: The World Bank, Disaster Risk Management Series No. 6, p. 137-164.

FOTHERINGHAM, A. S.; WILSON, J. P. Geographic Information Science: An Introduction. In: WILSON, J. P.; FOTHERINGHAM, A. S. (Ed.) **The handbook of geographic information science**. Malden: Blackwell Publishing, 2008. p. 1-8.

GOODCHILD, M. F. Geographic information system. In: RALSTON, A.; REILLY, E. D.; HEMMENDINGER, D. (Ed.). **Encyclopedia of computer science**. London: Nature Publishing Group, 2000. p. 748-749.

GOODCHILD, M. F. Geographical information science. **International Journal of Geographical Information Systems**, v. 6, n. 1, p. 31-45. Jan. 1992.

GOODCHILD, M. F.; KEMP, K. K. (Ed.). **NCGIA Core Curriculum in GIS**. Santa Barbara: National Center for Geographic Information and Analysis, University of California, 1990. Disponível em: <http://www.geog.ubc.ca/courses/klink/gis.notes/ncgia/toc.html#UNIT23>. Acesso em: 30 nov. 2008.

MEADEN, G. J.; KAPETSKY, J. M. **Geographical information systems and remote sensing in inland fisheries and aquaculture**. Rome: FAO Fisheries Technical Paper, n. 318. FAO. 1991. 262 p.

ORGANIZATION OF AMERICAN STATES (OEA). **Primer on natural hazard management in integrated regional development planning**. Washington, D.C: OEA, 1991. 400 p.

SMITH, T.; PEUQUET, D.; MENON, S.; AGARWAL, P. KBGIS-II A knowledge-based geographic information system. **International Journal of Geographic Information Systems**, v. 1, n. 2, p. 149-172, 1987.

VAN WESTEN, C. J. Remote sensing and geographic information system for natural disaster management. In: SKIDMORE, A. (Ed.). **Environmental modelling with GIS and remote sensing**. Taylor & Francis, 2002. p. 200-226.

PUBLICAÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS EDITADAS PELO INPE

Teses e Dissertações (TDI)

Teses e Dissertações apresentadas nos Cursos de Pós-Graduação do INPE.

Manuais Técnicos (MAN)

São publicações de caráter técnico que incluem normas, procedimentos, instruções e orientações.

Notas Técnico-Científicas (NTC)

Incluem resultados preliminares de pesquisa, descrição de equipamentos, descrição e ou documentação de programa de computador, descrição de sistemas e experimentos, apresentação de testes, dados, atlas, e documentação de projetos de engenharia.

Relatórios de Pesquisa (RPQ)

Reportam resultados ou progressos de pesquisas tanto de natureza técnica quanto científica, cujo nível seja compatível com o de uma publicação em periódico nacional ou internacional.

Propostas e Relatórios de Projetos (PRP)

São propostas de projetos técnico-científicos e relatórios de acompanhamento de projetos, atividades e convênios.

Publicações Didáticas (PUD)

Incluem apostilas, notas de aula e manuais didáticos.

Publicações Seriadas

São os seriados técnico-científicos: boletins, periódicos, anuários e anais de eventos (simpósios e congressos). Constam destas publicações o Internacional Standard Serial Number (ISSN), que é um código único e definitivo para identificação de títulos de seriados.

Programas de Computador (PDC)

São a seqüência de instruções ou códigos, expressos em uma linguagem de programação compilada ou interpretada, a ser executada por um computador para alcançar um determinado objetivo. São aceitos tanto programas fonte quanto executáveis.

Pré-publicações (PRE)

Todos os artigos publicados em periódicos, anais e como capítulos de livros.