



# PROGRAMA DE QUALIFICAÇÃO **GESTÃO AMBIENTAL**

CADERNO DE ESTUDO

Introdução à Geotecnologia



# Introdução à Geotecnologia

Ficha Catalográfica

---

I59 Instituto Brasileiro de Administração Municipal  
Caderno de estudo: Introdução à geotecnologia. / IBAM. – Rio de Janeiro: IBAM, 2015.

64 p. : il. color.

(Série Programa de qualificação gestão ambiental)  
Inclui Referências

1. Sistemas de informação geográfica. 2. Análise espacial (Estatística). I. Instituto Brasileiro de Administração Municipal. II. Título. III. Série.

CDU 528.8:004(072)

## INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL – IBAM

**Superintendência Geral** Paulo Timm

**Coordenação Geral do PQGA** Tereza Cristina Barwick Baratta

**Coordenação da Capacitação** Hélio Beiroz Imbrosio da Silva  
Magnes Grael Silveira Maynard do Lago  
Suzana dos Santos Barbosa  
Tito Ricardo de Almeida Tortori

**Supervisão Pedagógica** Anna Maria Fontes Ribeiro  
Dora Apelbaum

**Consultoria Técnica** Octávio da Costa Gomes Neto

**Conteudistas** Andrea Pitanguy de Romani  
Hélio Beiroz Imbrosio da Silva  
Iara Ferrugem Velasques  
Iara Verocai  
Jean Marc Weinberg Sasson  
João Vicente Lagüéns  
Júlio César Gonçalves da Silva  
Karin Schipper Segala  
Leene Marques de Oliveira  
Luis Mauro Sampaio Magalhães  
Marcos Flávio R. Gonçalves  
Nathália da Silva Braga  
Paula Bernasconi  
Rosan Valter Fernandes

**Desenho Instrucional** Afrent Soluções

**Normalização Bibliográfica** Cinthia Pestana

## ÍNDICE

ÍNDICE .....	5
APRESENTAÇÃO .....	6
EMENTA .....	6
PROGRAMA DE CONTEÚDOS .....	6
<b>1. GEOTECNOLOGIAS E DADOS ESPACIAIS .....</b>	<b>8</b>
1.1 GEOTECNOLOGIAS - DEFINIÇÕES E CONCEITOS.....	8
1.2 DADOS E INFORMAÇÕES ESPACIAIS .....	9
1.3 OBTENÇÃO E AFERIÇÃO DE DADOS ESPACIAIS.....	11
1.3.1 DIGITALIZAÇÃO E VETORIZAÇÃO .....	12
1.3.2 FOTOGRAMETRIA .....	13
1.3.3 Sensoriamento Remoto (SR) .....	13
1.3.4 Instrumentos de GPS .....	14
1.4 Modelagem de Objetos para Aplicações Geográficas .....	15
1.4.1 Conceitualização .....	16
1.4.1.1 Geocampos .....	18
1.4.1.2 Geo-objetos .....	22
1.4.2 Representação.....	26
1.4.3 Implementação .....	28
<b>2. SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA - SIG .....</b>	<b>32</b>
2.1 Definições e conceitos .....	32
2.2 Modalidades de SIG.....	33
2.2.1 Edição ou Visualização .....	33
2.2.2 Plataformas .....	34
2.2.3 Soluções Amplas E Soluções Específicas.....	34
2.2.4 Soluções Gratuitas, Livres e “Proprietárias” .....	35
2.3 Ambiente de SIG para tratamento e visualização de dados .....	36
2.4 Noções de Cartografia Para SIG.....	38
2.4.1 Geoide .....	39
2.4.2 Datum .....	40
2.4.3 Sistema de Coordenadas Geográficas .....	41
2.4.4 Projeção cartográfica .....	43
2.4.5 Escala .....	46
<b>3. SENSORIAMENTO REMOTO - SR .....</b>	<b>49</b>
3.1 Definições e conceitos .....	49
3.2 Radiação Eletromagnética (REM) e Assinatura Espectral.....	50
3.3 Sensores Remotos .....	53
3.3.1 Posição do Sensor Remoto .....	53
3.3.2 Fonte da Energia.....	55
3.3.3 Faixa de Frequência .....	56
3.4 Resoluções no Sensoriamento Remoto .....	56
CONSIDERAÇÕES .....	60
REFERÊNCIAS.....	61
BIBLIOGRAFIA .....	62

## APRESENTAÇÃO

A utilização de dados espaciais em ambiente computacional é, cada vez mais, parte dos processos decisórios do poder público e da sociedade civil organizada em diversas áreas de atuação que permeiam a gestão do território, incluindo aquelas que envolvem a temática ambiental.

Assim, torna-se importante para gestores e demais envolvidos em gestão ambiental no âmbito municipal ou regional obter informações que permitam compreender e planejar o uso de geotecnologias para atividades de monitoramento, fiscalização e planejamento ambiental e territorial.

Busca-se, no presente curso, tratar de um conjunto de saberes essenciais tanto para quem lidará diretamente com as ferramentas de geotecnologias quanto para os gestores que coordenam ou coordenarão equipes nas quais outros membros lidarão com tais instrumentos.

Dentro desses cenários, estar familiarizado com os potenciais e as limitações de tais instrumentos é essencial para um planejamento eficiente de atividades que envolvam a geração de dados e informações espaciais relacionados à gestão territorial e ambiental do município.

## EMENTA

1. Geotecnologias: conceitos e definições.
2. Sistemas de Informação Geográfica.
3. Sensoriamento Remoto.

## PROGRAMA DE CONTEÚDOS

1. Geotecnologias e Dados Espaciais:
  - a. Geotecnologias - definições e conceitos.
  - b. Dados e informações espaciais.
  - c. Obtenção e aferição de dados espaciais.
  - d. Modelagem de objetos para aplicações geográficas.
2. Sistemas de Informação Geográfica - SIG:
  - a. Definições e conceitos.
  - b. Modalidades de SIG.
  - c. Ambiente de SIG para tratamento e visualização de dados.
  - d. Noções de cartografia para SIG.
3. Sensoriamento Remoto - SR:
  - a. Definições e conceitos.
  - b. Radiação eletromagnética (REM) e assinatura espectral.
  - c. Sensores remotos.
  - d. Resoluções no sensoriamento remoto.



# 1. Geotecnologias e Dados Espaciais

# 1. GEOTECNOLOGIAS E DADOS ESPACIAIS

Para qualquer elemento presente na superfície do planeta, seja ele natural ou construído pelo homem, é possível estabelecer uma referência para sua localização, em geral com o uso de um sistema de coordenadas.

## 1.1 GEOTECNOLOGIAS - DEFINIÇÕES E CONCEITOS

Geotecnologias podem ser definidas como um conjunto de tecnologias voltadas à coleta, ao processamento, à análise e à disponibilização de dados e informações espaciais.

### Exemplo

Os sensores remotos – transportados pelos satélites em órbita ao redor do planeta – coletam dados que são processados para serem visualizados como imagens e que também podem sofrer tratamentos para identificação de diversos fenômenos. Assim, podemos obter informações relacionadas ao formato dos “objetos” (como vegetação, atividades agrícolas, margens de corpos hídricos, entre muitos outros) na superfície do planeta. Esses sensores são exemplos de instrumentos associados à geotecnologia.

Geotecnologias são ferramentas capazes de incorporar o comportamento espacial desses elementos presentes na superfície do planeta ao processo de geração de informações sobre eles, através da sua localização, extensão e formato.

As geotecnologias permitem, então, tratar dados acerca do comportamento espacial dos objetos presentes na superfície do planeta e, também, extrair informações desses objetos com base em tal comportamento.

As principais geotecnologias são:

- **SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG)**

SIG são os ambientes computacionais onde podemos tratar dados espaciais, inclusive integrando os dados espaciais a dados não espaciais, com o intuito de extrair informações.

- **SENSORIAMENTO REMOTO (SR)**

SR é o conjunto de técnicas e instrumentos para adquirir dados sobre objetos sem que haja contato direto com tais objetos;

- **SISTEMAS DE POSICIONAMENTO GLOBAL (SPG OU GPS)**

GPS é um conjunto de técnicas e instrumentos utilizados para localização na superfície terrestre.

Parte das geotecnologias tem como intuito realizar o geoprocessamento; contudo, as geotecnologias não se restringem ao processamento de dados, mas incluem, também, a obtenção, o armazenamento, a visualização e a distribuição de dados e informações espaciais.

### Atenção!

Geotecnologia e geoprocessamento têm significados distintos:

**Geotecnologia:** Conjunto de tecnologias voltadas ao tratamento de dados espaciais.

**Geoprocessamento:** Processamento, propriamente dito, dos dados a partir de seus comportamentos espaciais, em ambiente computacional, onde os resultados são dados também dotados de comportamento espacial.

## 1.2 DADOS E INFORMAÇÕES ESPACIAIS

Ao lidar com o ambiente computacional, é importante que se compreenda a diferença entre dado e informação, pois o computador não “trabalha” com informação, apenas com dados.

- **Dados** são conjuntos de caracteres (números, símbolos e letras) utilizados para representar algo existente, ou aferido, a partir de um objeto do mundo real.
- **Informação** é um significado atribuído a partir da interpretação do comportamento dos dados.

### Exemplo

Quando se realiza a medição da temperatura em diferentes locais de um município, são gerados dados (valores) para os diversos locais.

A partir da distribuição espacial desses valores, podemos identificar padrões e extrair informações, como a existência de ilhas de calor ou a relação de determinadas variações de valores com outros elementos, como pavimentação, cursos d’água ou áreas verdes.

Geralmente, em casos como o desse exemplo, a análise dos dados leva a resultados que nos informam que a maior concentração de corpos d’água e áreas verdes ocasiona uma variação mais amena da temperatura.

### Saiba Mais!

**Ilha de calor** é uma expressão geralmente utilizada para áreas urbanas. O termo está associado a áreas onde a variação padrão de temperatura é mais elevada que nas áreas do entorno; ou a áreas que alcançam picos de altas temperaturas acima daquelas do entorno em determinadas épocas do ano ou horários do dia. Na maioria dos casos, o fenômeno está associado à alta concentração de edificações, excesso de pavimentação, altas concentrações de carbono na atmosfera e poucas áreas vegetadas.

A identificação desses cenários, através da análise e interpretação dos dados, consistiu em atribuir significado ao comportamento desses dados.

É um exemplo de geração de informação, no qual, a partir de dados quantitativos simples (a medição de temperatura em alguns locais), podemos chegar a diversas informações, como a ocorrência de ilhas de calor ou a identificação de padrões que indicam a necessidade de incorporar outros elementos à análise.

O ato de avaliar dados, com o intuito de identificar ou atribuir significado aos seus comportamentos, nos leva à geração de informações.

Todo dado possui duas componentes: a **descritiva** e a **temporal**. Contudo, os dados espaciais possuem uma terceira, a componente **espacial**.

- A **componente descritiva** se refere diretamente ao que está sendo medido ou identificado; ou, de maneira mais direta, no caso de dados quantitativos, ao valor da medição em si e nos dados qualitativos aos caracteres utilizados para identificação do objeto aferido.
- A **componente temporal** é uma referência ao momento em que o dado foi gerado, ou seja, a que momento do fenômeno/objeto o dado se refere.
- A **componente espacial**, uma particularidade dos dados espaciais, refere-se à localização a qual os dados se referem; ou onde eles foram gerados, ou seja, seu georreferenciamento.

Podemos extrair, além da localização, dados secundários e informações simples, como a extensão e o formato do fenômeno/objeto que deu origem ao dado.

Por sua vez, essas informações, oriundas da avaliação do componente espacial dos dados, são o que chamamos de informações espaciais.

Permitir a geração dessas informações espaciais, também chamadas de geográficas, é o objetivo da maior parte das ferramentas de geotecnologia.

### **Atenção!**

**Georreferenciamento** (**Geo** = planeta Terra; **referenciamento** = localização) se refere à identificação da localização de algum objeto em relação à superfície do planeta com base em um sistema utilizado para tal, na maioria dos casos, um sistema de coordenadas geográficas.

### 1.3 OBTENÇÃO E AFERIÇÃO DE DADOS ESPACIAIS

Atualmente, há um grande número de fontes de dados espaciais disponíveis para *download* na internet. Praticamente todos os órgãos de escala federal que lidam direta ou indiretamente com dados espaciais disponibilizam parte de seus acervos para *download* em formatos que podem ser utilizados na maioria dos *softwares* de SIG.

Existem, portanto, algumas fontes de referência.

Dados	Fonte de referência
Divisões político-territoriais e regionais	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)
Hidrografia	Agência Nacional de Águas (ANA)
	Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)
Biomass e ecossistemas nacionais, entre outros.	Ministério do Meio Ambiente (MMA)
	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA)

#### Saiba Mais!

Conheça e acesse diversas fontes gratuitas de dados espaciais para *download*. Disponível em: <http://www.uff.br/geoden/docs/GeoLISTA.pdf>.

A utilização de dados preexistentes reduz os custos de obtenção (ou os elimina, no caso de dados de disponibilização gratuita) e evita o gasto de tempo e de esforço nesse sentido. Porém, são necessários diversos cuidados com relação ao uso de formatos de arquivos diferentes, à padronização de sistemas de coordenadas e de escalas de precisão e ao uso de controles de qualidade diversos.

Trabalhar com dados de fontes diferentes, por exemplo, pode ocasionar maiores esforços com relação ao controle de qualidade do que com a geração dos próprios dados já dentro de um padrão predeterminado.

#### Atenção!

Trabalhar com dados não compatíveis ou com margem de precisão inadequada pode gerar informações erradas e prejudicar toda a cadeia de análises.

É, pois, indispensável tratar com responsabilidade a utilização de dados.

Cabe frisar, também, que o dado espacial ou o não espacial sempre tem certa margem de erro. Ao gerar qualquer dado, estamos limitados pelo grau de precisão do instrumento utilizado, que é limitado.

### Exemplo

Ao aferir o volume de água de um reservatório, estamos sujeitos a uma margem de erro diretamente relacionada ao número de casas decimais utilizadas no cálculo, já que um resultado indicando **1.500,3 m<sup>3</sup>** é menos preciso do que **1500,301325 m<sup>3</sup>**.

Essa **margem de erro** está vinculada à precisão dos instrumentos utilizados para o aferimento.

É importante perceber que as três componentes dos dados espaciais (descritiva, temporal e espacial) são aferidas com erro, em função das limitações do instrumento de aferimento do fenômeno, de aferimento do tempo/momento e de aferimento da localização.

Assim, é considerável que se utilizem dados cuja margem de erro esteja dentro de limites toleráveis para as informações que se pretende gerar.

Independente da grande quantidade e da variedade de fontes de dados disponíveis na internet, em diversas situações pode ser necessário gerar/aferir os próprios dados espaciais.

Associadas à geotecnologia, há quatro maneiras principais para gerar/aferir os próprios dados espaciais: a **digitalização** e a **vetorização**, a **fotogrametria**, o **sensoriamento remoto (SR)** e os **instrumentos de GPS**.

## 1.3.1 DIGITALIZAÇÃO E VETORIZAÇÃO

**Digitalização** e **vetorização** são dois procedimentos que têm como propósito gerar a representação digital a partir de uma imagem impressa fisicamente em papel ou material semelhante.

A **digitalização** é semelhante ao “escaneamento” e consiste em gerar a **representação matricial** computadorizada para o material anteriormente em papel ou material semelhante, podendo ser realizada por um escâner convencional de boa resolução ou através de uma mesa digitalizadora (raramente são obtidos bons resultados com câmeras fotográficas).

### Atenção!

A **representação matricial** é realizada através de uma matriz de células regulares com valores que irão permitir ao computador associar diferentes tonalidades para a visualização na tela.

Essas células são análogas, nesse caso, aos *pixels* de uma imagem digital. Aprofundaremos a questão da representação computacional de dados espaciais mais adiante, neste mesmo curso.

A **vetorização** consiste em “desenhar” pontos, linhas e polígonos, em **formato vetorial**, referentes à localização, ao formato e aos limites dos elementos de uma imagem. Ela pode ser realizada diretamente sobre o papel ou material semelhante, utilizando uma mesa de vetorização; ou a partir de uma imagem previamente digitalizada, por meio de *softwares* de SIG, através dos quais, em algumas situações, é possível realizar procedimentos automatizados de vetorização.

### Atenção!

A **representação vetorial** consiste em conjuntos de pontos, que podem estar “isolados” ou ligados entre si, formando linhas ou polígonos. Essa representação não consiste em uma matriz de células.

## 1.3.2 FOTOGRAMETRIA

A **fotogrametria** tem por objetivo obter informações confiáveis sobre os elementos do ambiente (natural ou construído), através da extração e da interpretação de imagens fotográficas, com foco sobre as informações métricas (altura, comprimento e forma) dos objetos.

Considerando os avanços dos instrumentos e das técnicas utilizadas, tivemos as fases da fotogrametria geométrica, analógica, analítica e digital, com início em meados do século XIX e uso bastante difundido até hoje.

### Saiba Mais!

Conheça mais detalhes sobre essa área do conhecimento lendo o texto “Introdução à Fotogrametria Digital”. Disponível em: <http://www.leb.esalq.usp.br/disciplinas/Topo/LER5831/Angulo/fotogramdigital.pdf>

## 1.3.3 Sensoriamento Remoto (SR)

O **sensoriamento remoto** (SR) consiste na obtenção de dados e informações de objetos sem contato direto com eles, através de sensores. Daí o nome **sensoriamento** - uso de sensores, **remoto** - distante, sem contato direto. O **SR**, nas últimas décadas, se tornou um dos principais instrumentos de aferição de dados de áreas extensas da superfície do planeta.

Os dados aferidos por SR podem dar origem a diversos formatos de representação e modelos de dados, como, por exemplo, modelos numéricos de terreno e mapas temáticos variados.

A própria fotogrametria, a digitalização e a vetorização de imagens, com intuito de aferir ou gerar dados espaciais, só são possíveis devido ao SR. E, em geral, são os dados oriundos do SR que possibilitam o **processamento digital de imagens (PDI)**.

### Atenção!

**Processamento digital de imagens (PDI)** é o processamento de dados no qual a entrada e saída dos dados se dá no formato de imagens digitais.

A unidade 3 vai abordar especificamente os conhecimentos relacionados com o sensoriamento remoto (SR).

## 1.3.4 Instrumentos de GPS

O **GPS** (*global positioning system*) é um sistema de navegação e localização por satélite. É um tipo de **GNSS** (*global navigation satellite system*).

Os satélites artificiais em órbita ao redor do planeta fornecem aos aparelhos receptores móveis a sua posição em campo. Isso é possível desde que esses aparelhos estejam ao alcance de, no mínimo, quatro satélites. Para tal, conta-se com um sistema com um total de vinte e quatro satélites que realizam um giro completo em torno do planeta em um período de 6 horas.

O receptor recebe o sinal dos satélites e, comparando o horário de seu relógio interno com aquele informado no sinal, consegue calcular a distância de sua posição em relação a cada satélite e, conseqüentemente, a sua localização na superfície do planeta, em geral fornecida em coordenadas geográficas ou planas, baseadas em projeções cartográficas.

Com o sinal de três satélites, já é possível obter o posicionamento do receptor, mas com quatro satélites é possível obter o valor de altitude e uma melhor precisão do posicionamento.

O relógio do receptor não é tão preciso quanto o dos satélites; há, portanto, uma margem de erro a ser considerada, que também é influenciada pelas condições da localização do receptor. Assim, quanto mais “a céu aberto”, melhor será a recepção. Estar ao alcance de um número maior de satélites permite uma menor margem de erro.

### Atenção!

O **GPS** é, hoje, o principal instrumento para aferir a componente espacial dos **dados geográficos** gerados em campo. **Dados geográficos e dados espaciais**, aqui, podem ser considerados como sinônimos.

### Saiba Mais!

Conheça mais sobre o uso, as possibilidades e a aplicação dos GPS lendo o texto “Aplicação do Sistema de Posicionamento Global (Gps) na Coleta de Dados” de Bernardi e Landim (2002). Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/DIDATICOS/LANDIM/textogps.pdf>

## 1.4 Modelagem de Objetos para Aplicações Geográficas

Antes mesmo de abordarmos a modelagem de objetos para aplicações geográficas, precisamos compreender a pertinência desse assunto.

Enquanto o ambiente, natural ou alterado, é contínuo e ilimitado em relação às interações entre fenômenos e níveis de detalhamento para análises, o ambiente computacional é limitado e discreto.

No ambiente computacional, as limitações se dão em função de vários fatores, como o espaço de armazenagem, a capacidade de processamento de dados, as estruturas de linguagem e as estruturas de representação de dados.

Assim, temos um conjunto restrito de possibilidades de tradução do comportamento dos elementos do mundo real para o ambiente computacional.

No mundo real, em relação à sua distribuição sobre a superfície do planeta, todos os elementos e fenômenos que a constituem podem ser classificados em três grupos principais: o de **superfícies discretas**, o de **superfícies abstratas** e o de **superfícies contínuas**.

- **Superfícies discretas**

São aquelas superfícies cujos limites e formas são facilmente perceptíveis no mundo real. Logo, ao tentar traduzi-las para o ambiente computacional, podemos facilmente gerar a representação cartográfica/matemática de seus limites.

### Exemplo

Os rios, as ruas, os edifícios, os lagos.

- **Superfícies abstratas**

São aquelas superfícies que, apesar de termos as referências cartográficas de seus limites e formas, não são perceptíveis no mundo real, geralmente por serem convenções humanas. Normalmente, estão associadas a recortes espaciais com intuítos de planejamento e administração territorial.

### Exemplo

As unidades de conservação, os municípios, as bacias hidrográficas.

- **Superfícies contínuas**

São aquelas superfícies em que não conseguimos definir os limites de maneira precisa ou seus limites não existem. São elementos e fenômenos que, em vez de bordas bem definidas, possuem faixas de transição, ou que, mesmo com variação de intensidade, cobrem toda a superfície do planeta.

### Exemplo

O relevo e a altimetria - medição de altitudes, temperatura, cobertura vegetal (na maior parte das condições naturais), distribuição de tipos de solo.

Cabe frisar que elementos presentes de maneira discreta podem servir de referência para os limites de um elemento que se enquadra na categoria de superfície abstrata.

### Exemplo

A divisa entre dois municípios marcada por um rio.

O rio é **superfície discreta**; os municípios são **superfícies abstratas**.

### Atenção!

Os diferentes tipos de superfície acarretam diferentes métodos de aferição de dados acerca de seus comportamentos.

## 1.4.1 Conceitualização

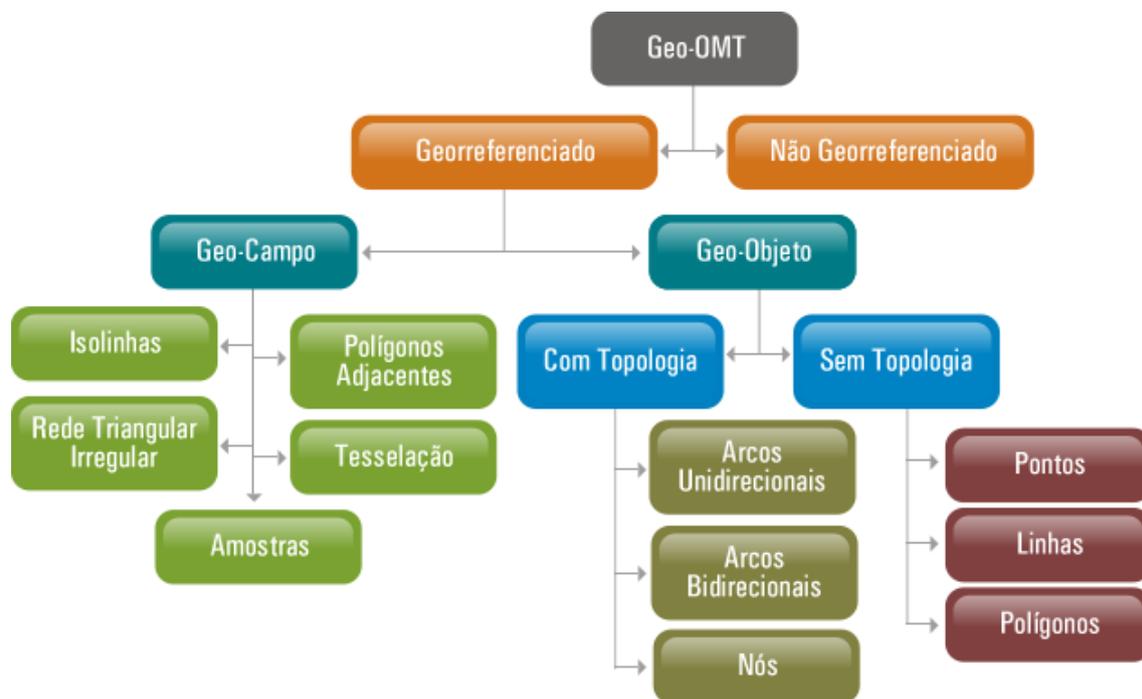
Tendo em vista esses diferentes comportamentos e estando cientes das limitações do ambiente computacional, precisamos de conceitos que colaborem com a tradução de tais comportamentos para o ambiente computacional.

Um dos métodos mais utilizados é baseado na Técnica de Modelagem de Objetos para Aplicações Geográficas (OMT-G ou Geo-OMT, nas siglas em inglês).

### Saiba Mais!

Para conhecer mais sobre os **métodos utilizados e baseados em OMT-G ou Geo-OMT**, leia o texto “*MODELAGEM DE DADOS GEOGRÁFICOS*” de Borges e Davis.

A Técnica de Modelagem de Objetos para Aplicações Geográficas consiste em categorias nas quais se enquadram formas diferentes de traduzir o comportamento dos objetos do mundo real no ambiente computacional. A **Figura 1** evidencia a técnica baseada em OMT-G.



**Figura 1:** Representação visual do OMT-G.

Observe que, na **Figura 1**, a primeira diferenciação de categorias se dá entre elementos que podem ser incorporados ao ambiente computacional com georreferenciamento e os que não podem, que são os não georreferenciados.

Caso seja possível gerar dados espaciais acerca do fenômeno ou objeto, permitindo assim o seu georreferenciamento, considera-se o restante das categorias; caso contrário, não se trata de um fenômeno ou objeto de comportamento espacial significativo e ele será tratado de outra forma, que não considere a sua distribuição na superfície do planeta. Assim, o restante do modelo do OMT-G não seria considerado.

Consideremos agora um fenômeno ou objeto georreferenciado. Acompanhe, na **Figura 1**, as possibilidades nesse caso, que estão relacionadas a duas categorias possíveis: os **geocampos** e os **geo-objetos**.

- **Geocampos**

Estão incluídos aqueles elementos cujas superfícies se comportam de forma contínua no mundo real, ou seja, que não possuem limites bem definidos,

ocupando toda a superfície do planeta ou apresentando faixas de transição em vez de bordas precisas.

- **Geo-objetos**

Nessa categoria estão incluídos os elementos que possuem superfícies **discretas** (visíveis no mundo real) e **abstratas** (limites definidos de maneira precisa, sejam visíveis ou não). Podemos agrupar esses dois comportamentos (superfícies discretas e abstratas) em uma mesma categoria, pois, para o computador, não faz diferença se o objeto é perceptível no mundo real ou é uma abstração, basta que tenhamos as referências espaciais de seus limites.

### Exemplo

Para o ambiente computacional, o polígono formado pelas margens de um lago – superfície discreta – e o polígono formado pelas fronteiras de um município – superfície abstrata - estarão ambos associados ao conceito de **geo-objetos**.

Porém, nos casos de variação da altitude ou de temperatura, não há como estabelecermos linhas bem definidas para seus limites. Assim, eles são associados ao conceito de **geocampos**.

#### 1.4.1.1 Geocampos

Os geocampos – como ilustra a **Figura 1** – incluem cinco conceitos principais: **Amostras**, **Isolinhas**, **Tesselação**, **Polígonos adjacentes** e **Rede triangular irregular**.

Todos esses cinco conceitos podem ser utilizados para traduzir o comportamento de quaisquer fenômenos/elementos que se comportem como geocampos.

### Atenção!

Em função do método de aferição dos dados, certos conceitos são mais utilizados do que outros para alguns fenômenos/elementos.

- **Amostras**

São medições pontuais, distribuídas no espaço, da intensidade ou a verificação de ocorrência de um fenômeno.

As amostras são a forma inicial de tradução do comportamento de vários fenômenos quando a aferição consiste em atividades de trabalho de campo.

### Exemplo

Os pontos cotados de altimetria; medições de precipitação/pluviosidade por estações meteorológicas

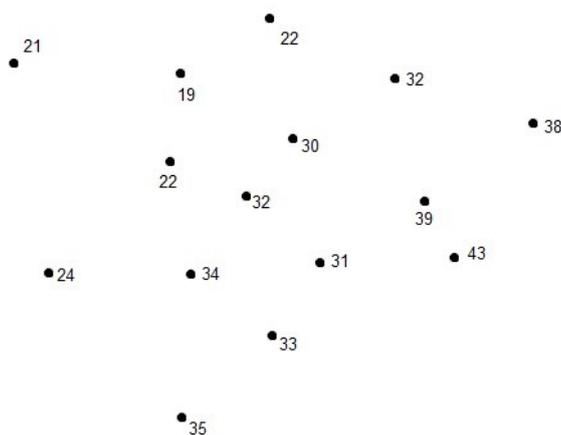


Figura 2: Representação visual de dados com base no conceito de amostras.

- **Isolinhas**

São medições utilizadas para identificar os locais onde se estima que o comportamento/intensidade do fenômeno seja constante. Assim, ao se traçar uma isolinha, está se afirmando que, considerando a margem de erro, qualquer medição feita naquela área retornará o valor indicado pela linha.

### Exemplo

As curvas hipsométricas: linhas de variação de altimetria/elevação do relevo.

As curvas isoetas: linhas de variação de precipitação.

As curvas isotermas: linhas de variação de temperatura.

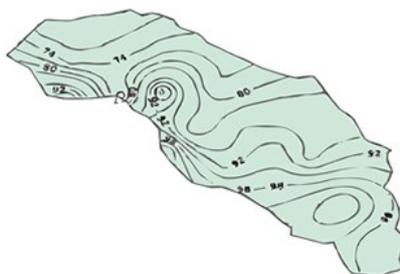


Figura 3: Representação visual de dados com base no conceito de isolinhas.

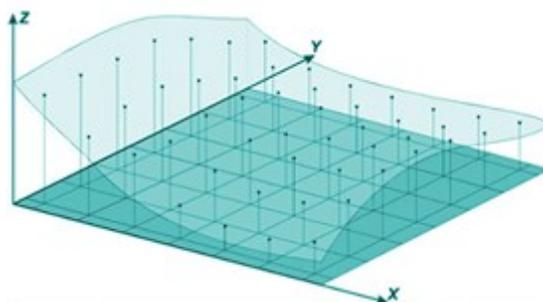
- **Tesselação**

É uma medida que consiste na divisão da área onde ocorreu a aferição em células regulares. É atribuído a cada célula, geralmente, o valor médio da intensidade do fenômeno na área coberta pela célula.

Para representação visual, é possível atribuir tons diferentes a valores diferentes.

### Exemplo

As fotografias aéreas e as imagens de satélite.



**Figura 4:** Representação visual de dados com base no conceito de tesselação.

### Atenção!

Aferição em células A aferição em células se faz com a utilização de células com formato de quadrados, por facilitação da representação no ambiente computacional, na forma de arquivos de imagem.

Qualquer figura geométrica regular que possa formar uma grade - como losangos e hexágonos - está incluída na definição do conceito de tesselação.

- **Polígonos adjacentes**

São medições utilizadas quando é interessante que se estabeleça um formato aproximado para o fenômeno/elemento, com a ressalva de que as linhas que separam os polígonos não representam limites exatos, mas sim os lugares onde se estima que estejam localizadas as faixas de transição.

### Exemplo

Os mapeamentos temáticos de cobertura vegetal, de relevo, de climas, de ecossistemas.



Figura 5: Representação visual de dados com base no conceito de polígonos adjacentes.

- **Rede triangular irregular (*triangular irregular network – TIN*)**

É uma medida que consiste no uso de triângulos irregulares para traduzir a variação da intensidade de um fenômeno.

Os vértices dos triângulos terão sua “altura” em função da intensidade aferida do fenômeno, tendo-se, assim, a possibilidade de montagem de uma estrutura tridimensional.

### Exemplo

O TIN é muito utilizado para o relevo, pois permite extrair informações acerca da morfologia de encostas e realizar cálculos de volume. Entretanto, pode ser utilizado com qualquer fenômeno que se comporte como geocampo. Nessa situação, funciona como uma espécie de gráfico tridimensional do comportamento do fenômeno ao longo da superfície;

### Atenção!

O conceito **TIN** pode ser utilizado para qualquer geocampo e não necessariamente apenas em função da altura.

O que se tem é uma base em que a localização dos objetos se dá em função dos eixos X e Y e um terceiro eixo, vertical, geralmente nomeado eixo Z.

A intensidade dos fenômenos é representada no eixo Z, enquanto a sua localização em relação à superfície do planeta é representada nos eixos X e Y.

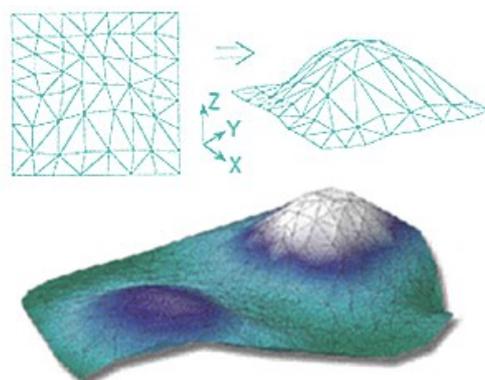


Figura 6: Representação visual de dados com base no conceito de TIN.

Todos os cinco conceitos dentro do conjunto de geocampos - **Amostras**, **Isolinhas**, **Tesselação**, **Polígonos adjacentes** e **Rede triangular irregular** - podem ser utilizados para traduzir o comportamento de qualquer fenômeno cuja superfície seja contínua.

#### ⚠ Atenção!

Parte significativa das ferramentas de geoprocessamento realiza, por objetivo ou por necessidade, a conversão entre um conceito e outro.

Apesar da liberdade de uso de conceitos, há uma relação direta entre os conceitos que se pretende utilizar e o método de aferição a ser utilizado para a geração dos dados.

#### ➡ Exemplo

Para a obtenção de dados de pluviosidade e temperatura de uma área, geralmente utilizamos como base o conceito de amostras, no qual cada estação meteorológica funcionará como uma amostra de valores de precipitação e/ou temperatura.

É possível, contudo, converter esse formato para qualquer outro conceito relacionado aos geocampos, utilizando o que for mais adequado aos objetivos de análise.

Em alguns casos, isso pode ser necessário por limitações das ferramentas de geoprocessamento a serem utilizadas, que podem não comportar todos os tipos de modelo conceitual.

### 1.4.1.2 Geo-objetos

Continuando com a análise da **Figura 1**, observe que os conceitos para **geo-objetos** se dividem em duas categorias: **com topologia** e **sem topologia**.

- **Geo-objetos com topologia**

Essa categoria de geo-objetos se aplica a situações nas quais desejamos incorporar a relação entre dois elementos cujos comportamentos sejam dependentes.

### Exemplo

O volume d'água de dois afluentes de um rio tem influência direta sobre o volume d'água do rio no qual eles desembocam.

- **Geo-objetos sem topologia**

Nessa categoria, não há a preocupação em traduzir a relação entre comportamentos dos elementos ou essa relação não existe.

### Exemplo

Ao se aumentar a extensão do trecho de uma estrada, não se está “automaticamente” aumentando, ou diminuindo, a extensão de suas estradas secundárias.

#### a) **Geo-objetos com topologia**

Seguindo com a análise da Figura 1, observe que, ao tratar de geo-objetos com topologia, que são muito utilizados para lidar com fenômenos que se comportam como redes, três conceitos podem ser trabalhados: Arco unidirecional, Arco bidirecional e o conceito de Nó.

- **Arco unidirecional**

O **arco unidirecional** é o conceito que traduz o comportamento no qual um dos elementos influencia no outro, mas o inverso não é verdadeiro. Ou seja, dados dois elementos, A e B, A influencia em B, mas B não influencia em A, constituindo uma relação de apenas um sentido, como mostra a **Figura 7**.



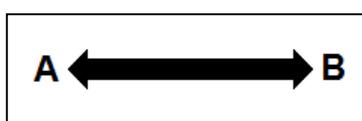
**Figura 7:** Representação do arco unidirecional, no qual o primeiro elemento influencia no comportamento do segundo, mas o segundo não influencia no primeiro.

### Exemplo

O volume de água na foz de um rio é influenciado diretamente pelo volume de precipitação próximo às suas nascentes; mas o volume de água nas nascentes não é influenciado diretamente pelo volume na foz. Então, considerando o sentido do fluxo, o curso do rio é um arco unidirecional entre a nascente e a foz.

- **Arco bidirecional**

O **arco bidirecional** é o conceito que traduz o comportamento no qual os elementos se influenciam mutuamente, ou seja, A influencia o comportamento de B e B também influencia o comportamento de A, como ilustra a **Figura 8**.



**Figura 8:** Representação do arco bidirecional, no qual os comportamentos dos elementos se influenciam mutuamente.

### Exemplo

Transporte rodoviário entre dois terminais: o número de ônibus que sai de um terminal em direção ao outro influenciará diretamente no número de ônibus que chegará nesse outro terminal, seja qual for o sentido do deslocamento, de A para B ou de B para A.

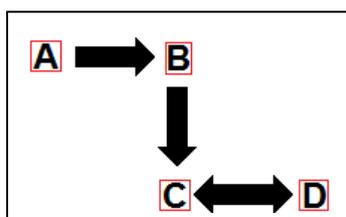
Considerando os sentidos do fluxo, as rodovias constituem arcos bidirecionais entre os dois terminais.

- **Nó**

O **nó** marca os locais de origem ou de destino dos fluxos traduzidos pelos arcos, como é apresentado na **Figura 9**.

No exemplo do conceito de **arco unidirecional**, à foz e à nascente dos rios pode ser aplicado o conceito de **nó**.

Já no exemplo dado para arco bidirecional, os dois terminais rodoviários também podem ser denominados **nó**, pois deles estão “saindo” ou “chegando” os fluxos.



**Figura 9:** Representação dos Nós (elementos A, B, C, D) de uma estrutura de geo-objetos com topologia.

## b) Geo-objetos sem topologia

A análise do que é mostrado na **Figura 1** possibilita entender que, em se tratando de geo-objetos sem topologia, três conceitos são desenvolvidos: o conceito de **Ponto**, de **Linha** e de **Polígonos**.



Figura 10: Regiões, Unidades Federativas e capitais estaduais do Brasil.

- **Ponto**

O conceito de ponto é utilizado quando o objetivo é apenas traduzir a localização de um elemento através de um conjunto de coordenadas, sem a preocupação com a sua extensão ou com o seu formato.

A **Figura 10** permite identificar o conceito de ponto. Ele foi utilizado para permitir a localização das capitais dos estados brasileiros.

### Exemplo

Para indicar pequenos focos de queimada, em áreas muito amplas, é mais adequado traduzir a área queimada como um ponto do que como um polígono, pois o formato não seria perceptível.

- **Linha**

O conceito de linha é utilizado quando se pretende traduzir, além da localização, o comprimento e o formato, de forma linear, de algum elemento.

Na **Figura 10** temos, também, um exemplo de uso do conceito de **linha**. Ele foi utilizado para oferecer a localização e o trajeto percorrido pelos rios.

### Exemplo

A linha é utilizada para indicar linhas de transmissão, rodovias etc., porém, sem se preocupar com o sentido do fluxo, mas apenas com a localização, o comprimento e o formato.

- **Polígonos**

O conceito de polígono é utilizado quando, além da localização, pretende-se expressar a extensão da área ocupada pelo elemento.

Na Figura 10, o conceito de polígonos pode ser identificado na tradução da extensão e do formato dos estados e países.

### Exemplo

O polígono é utilizado para indicar o formato e a área ocupada por municípios, espelhos d'água de lagos e unidades de conservação.

### Atenção!

É importante não confundir o conceito de **polígonos**, enquanto geo-objetos sem topologia, com o conceito de **polígonos adjacentes**, relacionados com o conceito de geocampo.

No primeiro caso, estamos tratando de elementos com limites e formas bem definidas que se comportam de maneira discreta ou abstrata no mundo real.

Já no segundo caso, tratamos de elementos que se comportam de forma contínua no mundo real. Assim, as linhas entre os polígonos adjacentes representam o lugar onde estimamos que esteja a faixa de transição entre elementos.

## 1.4.2 Representação

Ultrapassado o estudo de conceitos, outro desafio se coloca frente à tradução do comportamento dos fenômenos do mundo real para o ambiente computacional: a representação dos dados com base nas **estruturas conceituais**.

O ambiente computacional também apresenta diversas limitações à representação dos dados espaciais.

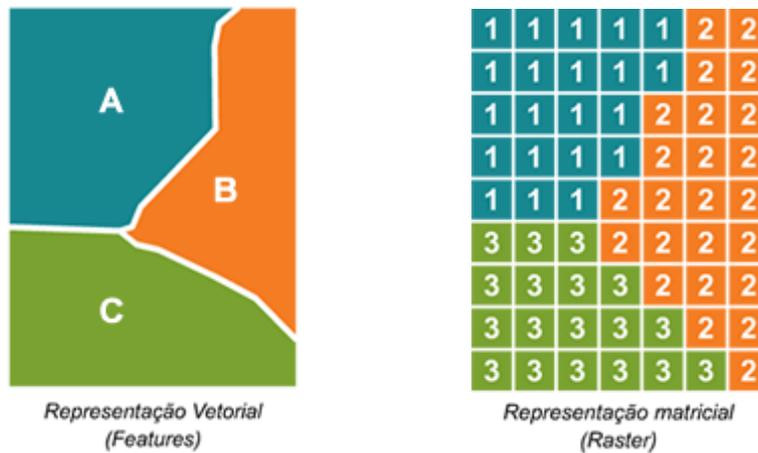
Podem ser utilizadas duas formas para representação:

- **Vetorial**, também chamada de feições ou *features* no inglês; e
- **Matricial**, também chamada de *raster* ou *grid* no inglês.

Na **representação vetorial**, a estrutura principal é o ponto, a partir do qual, podemos formar linhas e polígonos aos quais podemos associar tabelas com os atributos de cada ponto, cada linha ou cada polígono.

Já na **representação matricial**, temos a visualização dividida em células e cada uma delas receberá valores equivalentes ao elemento/fenômeno ao qual fazem parte ou o valor aferido de intensidade do fenômeno.

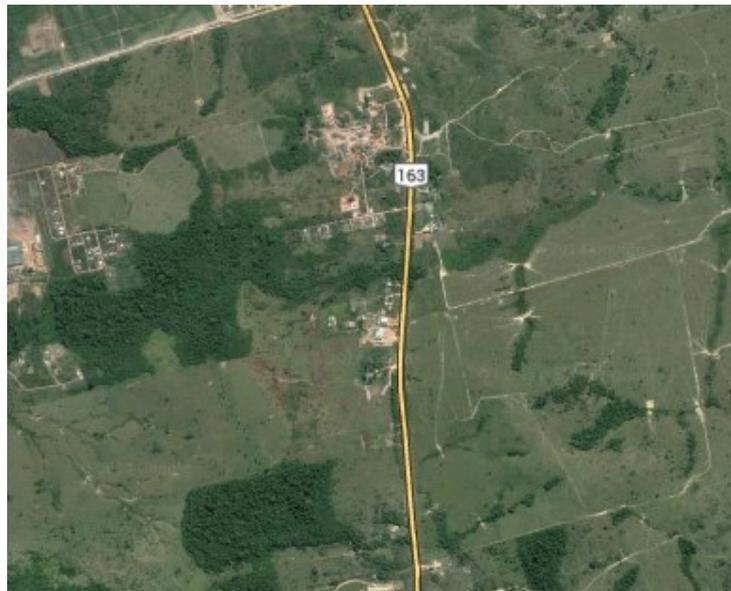
Observe as **Figuras 11 e 12**.



**Figura 11:** Representações vetorial e matricial do conceito de polígonos sem topologia.

### ⚠️ Atenção!

Apesar de serem utilizadas letras, com o intuito de facilitar a associação, os valores associados às células do modelo matricial são numéricos, ou seja, todas as células que compõem o polígono A receberiam, por exemplo, o valor 1.



**Figura 12:** Representação matricial da cobertura do solo, com base no conceito de tesselação, junto à representação vetorial da rodovia federal BR-163 (linha amarela), com base no conceito de arco bidirecional (Fonte: *Google Maps* – 2014).

### Atenção!

Apesar de não estar exposto na imagem, no aplicativo *Google Maps*, essa estrada é um arco bidirecional, pois, ao “calcular” rotas, o *software* considera a possibilidade de deslocamento nos dois sentidos.

O tratamento de dados espaciais para selecionar rotas é um exemplo do uso do conceito de arcos (vias de tráfego) e nós (ponto de origem e destino) em sistemas de SIG que, geralmente, integram receptores de GPS para navegação.

É importante estar certo de que a representação vetorial é diferente dos conceitos de pontos, linhas e polígonos dos geo-objetos sem topologia.

A representação vetorial, assim como a matricial, pode ser utilizada para representar qualquer um dos conceitos apresentados anteriormente, inclusive os de geocampos e de geo-objetos com topologia, como mostrado na **Figura 12**.

De forma semelhante, deve-se tomar cuidado com os conceitos de representação matricial e de tesselação, uma vez que se pode utilizar, também, uma grade vetorial para dividir a área de estudo em células, respeitando o conceito de tesselação.

A opção por um tipo de representação não limita as possibilidades de uso dos conceitos. Mas, podem, sim, existir vantagens em se usar um tipo de representação para um conceito e outro tipo para outro conceito.

Essas vantagens se dão muito mais em função da facilitação ou de necessidades da aplicação de uma ferramenta sobre um dado conceito ou formato de arquivo do que propriamente em relação à representação.

### 1.4.3 Implementação

Continuando com o entendimento de **modelagem de objetos para aplicações geográficas**, por último, temos a **implementação**.

**Implementação** se refere a como tornar possível, em termos de **algoritmos**, ferramentas e formatos de arquivo, a implementação das estruturas conceituais e de representação de dados espaciais.

No presente curso, de caráter introdutório, daremos atenção aos formatos de arquivo e trataremos de algumas ferramentas.

### Atenção!

**Algoritmo:** É uma sequência finita de instruções, planejada de forma a ser executada dentro de determinado período de tempo e determinado esforço. No ambiente

computacional, as ferramentas de processamento de dados (e muitas outras ferramentas) seguem a lógica de algoritmos para execução.

Para a implementação da representação vetorial, temos como formato de arquivo mais comum o *shapefile* (.shp), lido por diversos *softwares* de SIG. Ele permite a construção de feições vetoriais que atendem às demandas de diversos conceitos do OMT-G.

Mesmo os *softwares* que trabalham com formatos próprios, geralmente em formato de **bancos de dados** espaciais (BDE), permitem converter o formato *shapefile* para seu próprio formato e vice-versa.

### Atenção!

**Bancos de dados:** São estruturas de armazenamento de dados organizadas de forma lógica, com o intuito de tornar eficientes procedimentos de armazenagem, busca e tratamento de dados. Àqueles bancos que comportam dados espaciais e possuem ferramentas específicas para tal tipo de dado, chamamos de **Bancos de Dados Espaciais (BDE)**.

### Exemplo

São exemplos de formatos utilizados para estruturas vetoriais: *drawing* (.dwg), *scalable vector graphics* (.svg), *keyhole markup language* (.kml).

Para a implementação da representação matricial, utilizamos formatos de arquivo semelhantes (por vezes coincidentes) aos utilizados para imagens convencionais, como o **tagged image file format** (.tif), comumente utilizado.

O formato **erdas imagine** (.img) é outro bastante utilizado; mas outros formatos, como o *bitmap* (.bmp), também são possíveis para alguns usos.

### Atenção!

Às vezes, é difícil perceber a relação entre o mundo real, os conceitos do OMT-G, as formas de representação e as formas de implementação. Observe os dois exemplos para facilitar a compreensão:

#### Exemplo 1

Um *shapefile* implementa a representação vetorial do conceito de polígonos sem topologia, usado para traduzir a extensão abstrata das propriedades rurais de um município do universo do mundo real.

#### Exemplo 2

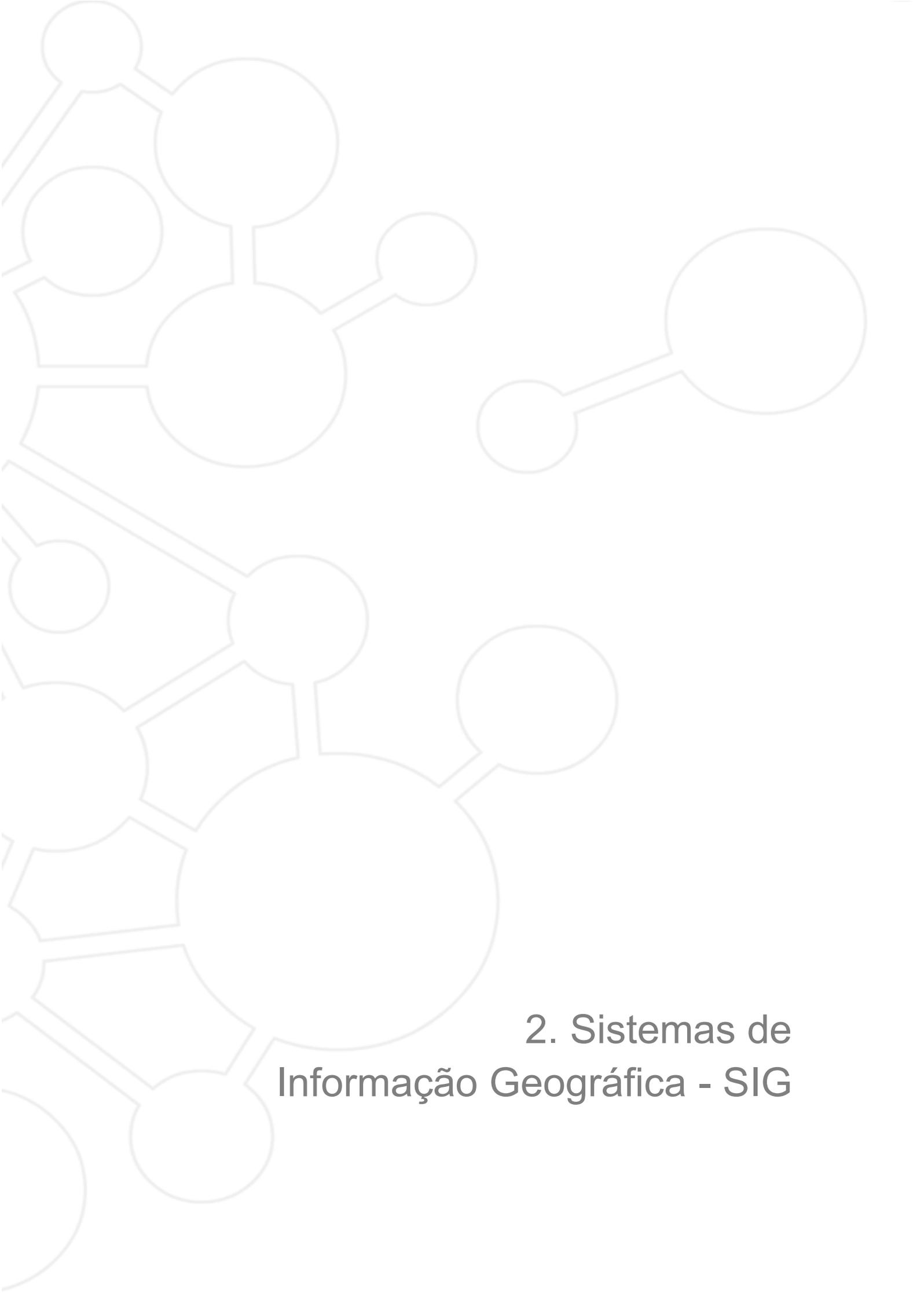
Um arquivo *tagged image file format* implementa a representação matricial do conceito de tesselação sobre a variação de declividade da superfície contínua do relevo do mundo real.

---

Resumindo, a tradução do comportamento espacial dos elementos do mundo real para o ambiente computacional é realizada a partir da identificação do comportamento dos fenômenos/elementos no mundo real, seguida da definição do conceito e do método de representação mais adequados e do formato de arquivo que nos permite trabalhar com tal formato de representação.

A compreensão da lógica desse processo oferece a base necessária para o avanço no uso das ferramentas de geotecnologias.

Esse entendimento oferece uma visão de como os fenômenos do mundo real são traduzidos ao ambiente computacional, na forma de dados espaciais, para que possam, então, ser geradas informações geográficas, com o uso das geotecnologias.

The background features a complex, abstract graphic composed of various-sized circles and thin lines connecting them, resembling a network or molecular structure. The elements are rendered in a light gray color against a white background. The circles vary in size, with some being significantly larger than others. The lines are thin and connect the circles in a non-linear, branching pattern, creating a sense of interconnectedness and flow. The overall effect is a subtle, modern, and technical aesthetic.

## 2. Sistemas de Informação Geográfica - SIG

## 2. SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA - SIG

Os SIG são uma das principais geotecnologias e é no seu ambiente que se integram os “produtos” das demais geotecnologias, como o GPS e o SR.

### 2.1 Definições e conceitos

Atualmente, os SIG podem ser definidos como um conjunto de *software*, *hardware* e linguagens computacionais utilizado para a armazenagem, o tratamento, o (geo)processamento e a visualização de dados espaciais.

Por meio desses tratamentos e (geo)processamentos, tem-se a possibilidade de gerar informações espaciais/geográficas que, geralmente, servirão como instrumentos de suporte às decisões e como respostas a questionamentos.

#### Atenção!

**(Geo)Processamento:** Dentro do ambiente de SIG, é possível realizar processamentos baseados apenas no componente descritivo dos dados ou incorporar à análise a componente espacial, situação à qual se dá o nome de geoprocessamento. A capacidade de realizar o geoprocessamento é o diferencial do ambiente de SIG em relação a outros sistemas de informação que não lidam com a componente espacial dos dados.

Ao utilizarmos informalmente o termo SIG, estamos nos referindo especificamente aos ambientes dos *softwares* nos quais lidamos com os dados espaciais.

#### Exemplo

São exemplos de *softwares* de SIG mais conhecidos e utilizados no Brasil:

**ArcGIS (ArcMap), Quantum GIS, Map Info, Spring, gvSIG, GlobalMapper, Google Earth, Terra View, SAGA GIS, GRASS.**

Atualmente, os SIG constituem uma ferramenta poderosa de suporte a decisões e de respostas a questionamentos quando a componente espacial dos elementos-alvo das decisões é relevante.

O trabalho com a componente espacial dos alvos no processo de decisão ou no processo de resposta pressupõe algumas medidas e questionamentos essenciais.

- Verificar a proporção de área indicada e a localização da Reserva Legal de um lote em relação à extensão total do lote e à localização das áreas de APP para tomar as decisões relacionadas com a validação do cadastro ambiental rural do lote.

- Verificar as situações de sobreposição espacial de atividades poluidoras a unidades de conservação para identificar situações de necessidade de adequações especiais no processo de licenciamento ou mesmo o impedimento do licenciamento.
- Verificar quais áreas serão alagadas pelo reservatório de uma nova hidrelétrica para definir o grau de impacto ambiental e socioeconômico associado.
- Avaliar diferentes traçados possíveis para verificar as áreas que serão interceptadas por um novo eixo rodoviário e para decidir qual o traçado que oferece maior conectividade com menor impacto ambiental.
- Avaliar quais áreas são prioritárias para intervenção frente ao aumento do ritmo do desmatamento.

## 2.2 Modalidades de SIG

Embora os SIG tenham em comum o fato de lidarem com dados espaciais, com o intuito de oferecer informações espaciais/geográficas, eles podem ser divididos em modalidades diferentes, em função de determinadas características.

As características que propiciam a classificação dos SIG em modalidades são:

- Edição e visualização.
- *Desktop*, *web* e móvel.
- Soluções amplas e soluções específicas.
- Soluções gratuitas, soluções livres e soluções “proprietário”.

### 2.2.1 Edição ou Visualização

Uma das maneiras de se categorizar SIG é com relação à sua capacidade de editar dados.

Algumas soluções não oferecem a opção de editar os dados; oferecem apenas a opção de manipular a visualização dos mesmos.

É uma alternativa comum usada quando se pretende que o usuário possa interpretar o dado para extrair informações simples ou realizar *download* dos dados, porém, sem alterá-los.

#### Exemplo

Utilização de SIG de visualização:

- Aparelhos de navegação e roteamento para automóveis.
- Portais na internet que disponibilizam dados para download.

Os **SIG** que têm a opção de editar dados permitem, além da visualização, a edição e o processamento dos dados espaciais.

### Exemplo

Os **SIG que permitem edição** são os utilizados para geoprocessamento e construção de mapas.

## 2.2.2 Plataformas

Existem três formas principais de SIG no que se refere à plataforma utilizada:

- **Desktop.**
- **Web.**
- **Móvel.**

A primeira e mais comumente utilizada plataforma para operações de geoprocessamento é o **desktop**, caracterizado pela presença local do *software*, do *hardware*, de dados e do usuário.

Com relação à **plataforma web**, os dados se encontram em um servidor remoto aos quais os usuários se conectam para visualizar e solicitar o processamento ou *download* dos dados.

Já a **plataforma móvel** está relacionada ao uso de *softwares* e dados em aparelhos como *tablets* e *smartphones*.

De forma geral, a plataforma **desktop** oferece maior autonomia e capacidade de processamento, seguida da plataforma **móvel** e, por último, da plataforma **web**.

Em termos de acessibilidade e agilidade na difusão de informações e dados, temos o cenário inverso: primeiro a plataforma **web**, seguida da plataforma **móvel** e da plataforma **desktop** por último.

## 2.2.3 Soluções Amplas E Soluções Específicas

Além das categorias já tratadas - **edição x visualização**, **desktop x web x móvel** - os *softwares* de SIG se dividem em:

- *softwares* que visam aos objetivos específicos, como, por exemplo, hierarquizar canais de uma bacia, corrigir problemas de topologia ou realizar georreferenciamento; e
- *softwares* que visam a oferecer diversas funções e ferramentas para múltiplos usos.

A maior parte dos *softwares* utilizados na plataforma *desktop* está na categoria de *softwares* que visam a oferecer diversas funções e ferramentas para múltiplos usos, buscando oferecer aos usuários um conjunto diversificado de ferramentas para atender a múltiplas demandas.

Apesar da tendência crescente de uso de soluções amplas, os *softwares* específicos ainda são bastante utilizados em alguns procedimentos, por serem, em alguns casos, de uso mais simples e mais baratos. São, ainda, bastante usados em operações muito complexas e difíceis de serem implementadas em *softwares* “comuns”.

#### 2.2.4 Soluções Gratuitas, Livres e “Proprietárias”

Em uma área que lida com informações por vezes públicas e outras sigilosas, muitas vezes com valor agregado, os *softwares* de SIG não ficam fora dos “debates” acerca de *softwares* gratuitos, livres e “pagos”.

Assim, essa é uma das formas de categorizar as plataformas de SIG: gratuitos, livres e “pagos”.

Existem soluções de SIG livres, ou seja, soluções associadas às ideias de liberdade. São elas:

- Liberdade de executar o programa para qualquer propósito.
- Liberdade de estudar o funcionamento do programa (seu **código-fonte**) e adaptá-lo às suas necessidades.
- Liberdade de distribuir cópias.
- Liberdade de distribuir as alterações realizadas, no intuito de melhorar o programa.

#### Atenção!

**Código-fonte**, ou source code em inglês, é o conjunto de palavras ou símbolos escritos de forma ordenada, contendo instruções em uma das linguagens de programação existentes, de maneira lógica.”

#### Saiba Mais!

Um bom exemplo de SIG livre é o QGIS. Para ter mais informações sobre esse Sistema de Informação Geográfica livre e aberto, acesse o sítio disponível em: [http://www.qgis.org/pt\\_BR/site/](http://www.qgis.org/pt_BR/site/).

#### Atenção!

Nem todas as soluções gratuitas são livres.

Os *softwares* podem ser distribuídos gratuitamente, mas com restrições à liberdade de alterações em suas ferramentas, como proibição:

- à abertura do código-fonte;
- ao direito de cópia;
- aos tipos de uso aos quais podem ser aplicados.

Por outro lado, *softwares* livres podem ter complementos que não são gratuitos.

Já as plataformas **proprietárias** são aquelas em que há um custo associado à obtenção do *software* (ou possíveis complementos). Nesse caso, os direitos de alteração, uso, reprodução e distribuição estão sujeitos a normas restritivas, em geral, em prol dos interesses das empresas que produzem tal plataforma.

### 2.3 Ambiente de SIG para tratamento e visualização de dados

Os *softwares* de SIG atuais apresentam uma **interface** amigável que tem por princípio favorecer o uso por parte de usuários iniciantes ou leigos em linguagem de programação.

A proposta é ter uma distribuição de ferramentas intuitivas com relação ao uso do *mouse* e à organização das ferramentas na tela.

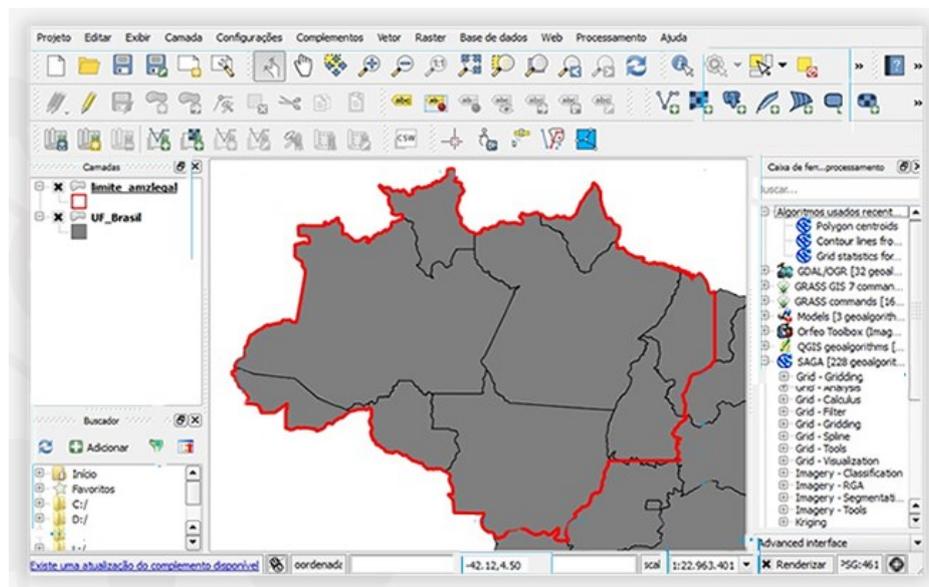


Figura13: Interface do *software* QGIS.

Comumente, temos uma interface semelhante à do *software* QGIS, representado pela **figura 13**. Nela, estão grupados diferentes recursos de interface que permitem que o usuário forneça comandos ao *software*.

#### Atenção!

**Interface** é um conceito amplo que está relacionado à forma de adaptação/interação entre dois sistemas. No caso do exemplo do nosso curso (**Figura 13**), estamos nos referindo à disposição das ferramentas na tela do computador, permitindo ao usuário dar comandos aos *softwares*.

Através da **Figura 13**, podemos identificar os elementos da interface do QGIS:

1. *Menu* superior, oferecendo acesso às ferramentas de uso mais frequente, às configurações do *software* ou à abertura de listas de ferramentas avançadas.
2. Conjunto de barras de ferramenta, que pode ser personalizado, para acesso rápido às ferramentas de importação de dados, de manipulação da visualização dos dados e outras de uso frequente.
3. Lista de “**camadas**”, onde são listados os dados importados para uso no *software*.
4. Área de visualização dos dados espaciais importados (que também estão listados no item 3).
5. Exibição da escala de visualização atual, em função no nível de *zoom* aplicado à área de visualização (item 4).
6. Coordenadas da posição correspondente ao local onde o ponteiro do *mouse* está parado sobre a área de visualização (item 4).
7. Exemplo de janela, com opções de ferramentas avançadas, acessada a partir de um item do *menu* superior (item 1).
8. Explorador/buscador de arquivos. Diversos *softwares* de SIG oferecem uma ferramenta para busca rápida e opções limitadas de edição de arquivos dentro da sua própria interface.

#### **Atenção!**

Apesar do termo “**camadas**” dar a impressão de uma relação direta com o que é visualizado no item 4 (**figura 13**), é possível importar dados tabulares, sem a componente espacial, para a maioria dos *softwares* de SIG.

Parte dos *softwares* de SIG disponíveis trabalha apenas em ambiente de bancos de dados.

Nesse cenário, esses *softwares* (disponíveis em ambiente de bancos de dados) permitem o uso de ferramentas adicionais e realizam processamentos de forma mais eficiente, mais rápida e com parâmetros adicionais.

O uso de bancos de dados espaciais (**BDE**), ou bancos de dados geográficos (**BDG**), permite a incorporação de outras ferramentas comuns a bancos de dados que definem níveis de acesso diferenciados aos usuários e possibilita o estabelecimento de procedimentos avançados de controle de qualidade e consistência de dados.

Em contrapartida, é comum que haja a necessidade de se trabalhar com formatos específicos de dados para cada *software*. Esses formatos devem ser convertidos para formatos “comuns” antes de serem utilizados em outros *softwares*.

Existem hoje diversas soluções gratuitas e “proprietárias” de BDE de uso simples, diretamente integradas aos *softwares* (cenário cada vez mais comum); enquanto outras, de uso um pouco mais complexo, demandam maior conhecimento dos usuários, mesmo para operações de rotina.

### Exemplo

Um exemplo de **BDE livre** é o **PostGIS**, complemento do banco de dados Postgre.

### Saiba Mais!

Para obter maiores informações sobre o **PostGIS**, acesse os portais disponíveis em: <http://postgis.net/> e <http://www.postgresql.org/>.

### Atenção!

Os bancos de dados espaciais (**BDE**) diferenciam-se dos demais bancos de dados por serem capazes de armazenar e oferecer suporte ao processamento de dados espaciais, além de dados “convencionais”.

Na maioria dos casos, considerando o uso de BDE, é necessário padronizar o sistema de coordenadas de todos os dados para aquele adotado no banco de dados ou nos projetos criados dentro do banco.

Dentro do mesmo banco de dados espaciais (BDE), ou banco de dados geográficos (BDG), normalmente, é possível a criação de diversos projetos, cada qual com seu próprio sistema de coordenadas.

Assim sendo, compreender alguns conceitos básicos de cartografia, que se aplicam a todos os dados espaciais, é essencial para uma adequada manipulação desses dados, mesmo fora do ambiente de BDE. Isso se deve ao fato de que todo dado espacial, ao estar georreferenciado, tem sua localização sobre a superfície terrestre relacionada a um **sistema de coordenadas** e a um **datum**, que são conceitos cartográficos muito importantes.

## 2.4 Noções de Cartografia Para SIG

Todos os dados espaciais e, conseqüentemente, os SIG carregam consigo conceitos da **cartografia**.

Neste item, trataremos de apenas alguns conceitos cuja compreensão é essencial para a adequada manipulação dos dados espaciais no ambiente de SIG. São eles:

- **Geoide.**
- **Datum.**
- **Sistema de coordenadas geográficas.**
- **Projeção cartográfica.**
- **Escala.**

Cabe lembrar que, para falarmos de informações geográficas, precisamos de referenciais para localização dessas informações, dos dados que permitirão chegar a

elas na superfície do planeta e das características espaciais das áreas cobertas pelos fenômenos sobre os quais se pretende gerar as informações.

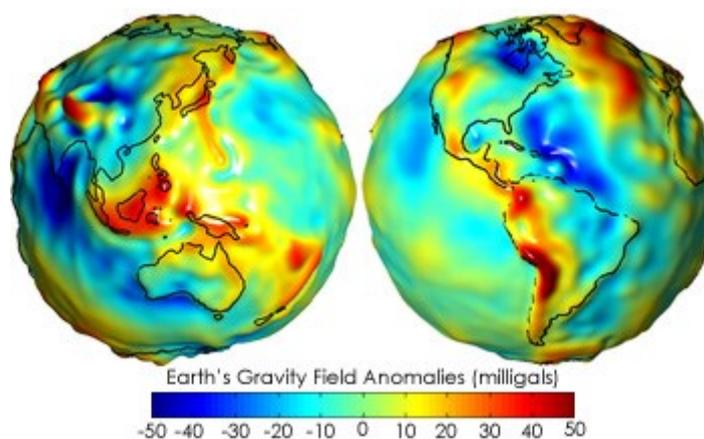
### Saiba Mais!

Para aprofundamento sobre **cartografia**, leia o texto “**Cartografia para geoprocessamento**” de Júlio César Lima D’Alge. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap6-cartografia.pdf>

## 2.4.1 Geoide

O geóide é uma superfície formada a partir da variação do campo gravitacional terrestre e do nível médio dos mares. Ele tem como objetivo oferecer um modelo aproximado do formato da superfície do planeta, que não é possível de ser gerado a partir de medição direta.

Os avanços no conhecimento do campo gravitacional nos levam a atualizar, de tempos em tempos, possíveis “pontos” de referência sobre a superfície do geóide.



**Figura14:** Exemplo de geóide (WIKIMEDIA COMMONS, 2015).

A partir da **Figura14**, podemos notar que a superfície, apesar de ter um aspecto próximo a uma esfera, é irregular. Essas informações agregam alguns fatores a serem considerados para a localização e a extração de características dos objetos sobre o geóide.

Matematicamente, o geóide é complexo, prejudicando a extração de características geométricas como área, comprimento e distância dos elementos que se pretende avaliar. Essa dificuldade, com o avanço da computação, está diminuindo cada vez mais.

Além disso, para se estabelecer a localização desses elementos, precisamos de pontos de referência que são difíceis de ser obtidos de maneira padronizada entre os diferentes geóides existentes e a cada atualização deles, posto que representam superfícies irregulares.

## ⚠️ Atenção!

Os avanços no conhecimento do campo gravitacional podem resultar em correções que alterem possíveis “pontos” de referência sobre a superfície do geóide.

### 2.4.2 Datum

Apesar de o geóide ser a referência para o formato aproximado da superfície do planeta, é necessário um modelo matematicamente mais simples para que sejam criadas referências para a localização dos elementos sobre sua superfície e para servir de base para cálculos geométricos.

Para responder a tal demanda, tem-se o **datum**.

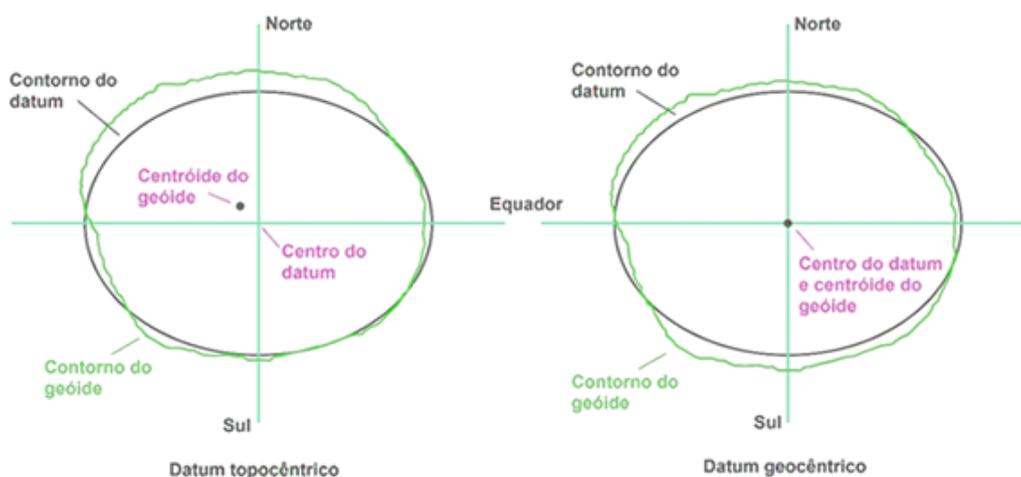
O **datum** - *data* no plural - é um elipsoide de revolução, ou seja, uma estrutura próxima a uma esfera, porém com certo grau de achatamento, que busca oferecer uma superfície regular que se “encaixe” ao geóide.

Existem dois tipos de **data**: os **planimétricos** e os **altimétricos**.

Os **planimétricos** têm como objetivo oferecer referência ao posicionamento dos objetos sobre a superfície do planeta, sem considerar sua altitude em relação ao nível do mar. A eles estão relacionadas outras questões que trataremos adiante.

Já os **altimétricos** têm como único intuito oferecer a referência do nível médio do mar em dada região, ou seja, a referência para a altitude 0 (zero).

Os **data planimétricos** podem ser de dois tipos: topocêntricos ou geocêntricos, conforme representação da **Figura 15**.



**Figura 15:** Data topocêntrico e geocêntrico. Adaptado de *Intergovernmental Committee on Surveying and Mapping* (ICSM, 2015).

No caso dos **data topocêntricos**, o centro do **datum** não corresponde ao centróide do geóide. Observe a representação à esquerda, na **Figura 15**.

O *datum* topocêntrico tem como objetivo oferecer precisão para a localização de objetos sobre algumas partes da superfície do planeta e não para o globo terrestre como todo.

O prefixo “**topo**”, de **topocêntrico**, está associado à topografia de uma região, buscando ter uma alta precisão para referência espacial de um país ou de um continente.

Já os *data* geocêntricos têm seu centro correspondente ao centroide do geóide. Observe a representação à direita, na **Figura 15**.

Os *data* geocêntricos visam a ter validade global, ou seja, a servir de referência para a localização de elementos em qualquer parte da superfície terrestre.

Como o geóide é irregular, mesmo o *datum* regular sendo geocêntrico, haverá certa variação de precisão ao longo da superfície do globo terrestre.

A definição do *datum* planimétrico e altimétrico oficial é parte do sistema geodésico de referência oficial de um país.

No Brasil, segundo o estabelecido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), temos o Imbituba-SC como *datum* altimétrico oficial e o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS 2000) como *datum* planimétrico oficial, embora ainda seja muito utilizado o *datum* planimétrico *South American Datum - SAD 69*.

#### Saiba Mais!

Para mais informações, visite o site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

Disponível em:  
<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/pmrq/faq.shtm#topo>.

### 2.4.3 Sistema de Coordenadas Geográficas

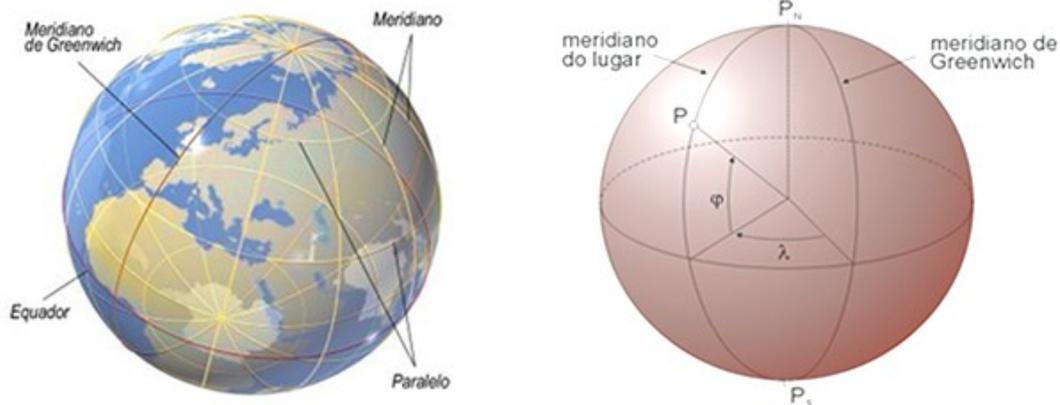
Outra característica importante dos *data* é a de ser possível traçar sobre eles uma “linha de corte” na qual se tem o maior raio possível e estabelecer a posição dos polos, gerando, assim, elementos de referência para sistemas de coordenadas que permitirão localizar os objetos na superfície do planeta.

Caso os *data* fossem esferas perfeitas, isso não seria possível, uma vez que esferas têm raio constante. Por serem elipsoides, é possível traçar essa linha, que chamamos de Equador e que corresponde a um referencial fixo na superfície do *datum*.

Tendo esse referencial, podemos traçar outros dois, os polos Norte e Sul do *datum*. A **Figura 15** ilustra essas referências.

Assim, temos três referências fixas sobre a superfície do *datum*, a partir das quais podemos elaborar um sistema para localizar quaisquer elementos sobre essa superfície.

O sistema mais utilizado é o de coordenadas geográficas, que permite localizar os objetos com base em suas distâncias, em graus, em relação ao Equador e ao meridiano de Greenwich, como mostra a **Figura 16**.



**Figura 16:** Representação do sistema de coordenadas geográficas.

Fontes: Adaptados de Geomática/UERJ e Imagens Google.

No sistema de coordenadas geográficas, traçamos sobre o *datum* dois conjuntos de linhas.

Na **Figura 16**, podemos notar esses traçados: as linhas paralelas ao Equador, chamadas **paralelos** e as linhas perpendiculares ao Equador, chamadas de **meridianos**.

Ao nos afastarmos do Equador, percorrendo a superfície em direção aos polos, vamos gerando um ângulo (representado na figura pela letra grega *PHI* –  $\phi$ ), conforme atravessamos os paralelos. A esse ângulo damos o nome de latitude.

Na **Figura 16**, o ponto **P** tem uma **latitude** de cerca de 40° Norte ou +40°.

Com relação à **longitude**, não temos uma linha de referência fixa, como o Equador. Então, convencionamos, como referência, o meridiano que intercepta a cidade de Greenwich na Inglaterra. Assim, essa linha imaginária leva o mesmo nome da cidade, ou seja, meridiano de Greenwich. O ângulo (representado na figura pela letra grega *Lambda* –  $\lambda$ ) se forma em função do afastamento do ponto **P** em relação ao meridiano de Greenwich e da sua aproximação ao meridiano oposto.

Observe que, na **Figura 16**, o ponto **P** tem uma longitude aproximada de 50° Oeste ou -50°. Assim, em coordenadas geográficas, o ponto **P** está localizado em 45° N, 50° O.

Existem algumas formas de representar as coordenadas geográficas.

Os hemisférios podem ser representados por:

- **Letras:** **S** (Sul), **N** (Norte), **L** (Leste) e **O** (Oeste); ou
- **Sinais:** **positivo (+)**, indicando **Norte** e **Leste**; e **negativo (-)**, indicando **Sul** e **Oeste**.

### Exemplo

N 23° 30' 22", O 96° 15' 08" ou 23° 30' 22", - 96° 15' 08".

Quanto aos números, geralmente é utilizado o modelo GMS (graus, minutos e segundos) ou números decimais.

### Exemplo

Modelo GMS: **28° 30' 30"** ou em número decimal: **28° 30,500'**, com o registro em **minutos centesimais**.

Modelo GMS **15° 30' 00"** ou em número decimal: **15,500°**, com o registro em **graus centesimais** diretamente.

### Atenção!

Caso se opte por não utilizar letras (N, S, O, L) para indicar o hemisfério, o sinal positivo (+) é opcional, porém o negativo (-) é obrigatório.

## 2.4.4 Projeção cartográfica

Para diversos usos, é necessário projetar a superfície tridimensional do *datum* para uma superfície bidimensional, superfície plana, as **projeções cartográficas**.

### Atenção!

O *datum* por ser um elipsoide (logo, possui raio variável) é mais complexo para a execução de cálculos de comprimento linear de arcos sobre sua superfície. Além disso, usar a “abertura angular” dos arcos, em graus, não permite cálculos diretos de área e volume nas unidades adequadas.

As **projeções cartográficas**, por meio de aplicação de fórmulas matemáticas, visam a converter as coordenadas geográficas em “coordenadas planas”, com base em unidades lineares e no sistema métrico, ou outro semelhante, como o de unidades imperiais – a milha e a jarda.

Ao projetar uma figura esférica ou elipsoidal (como é o caso do *datum*) para um plano, sempre ocorrem distorções das propriedades dos elementos sobre a superfície do *datum*. Entretanto, é possível, através da escolha da projeção adequada, optar por qual propriedade será preservada.

Ao tratar das propriedades preservadas, podemos classificar as **projeções cartográficas** em quatro tipos: **conformes**, **equivalentes**, **equidistantes**, **afiláticas**.

- **Conformes**

São as **projeções cartográficas** que preservam ângulos ao redor de alguns pontos, preservando, assim, o formato dos objetos.

- **Equivalentes**

São as **projeções cartográficas** que mantêm a proporção de área constante, permitindo cálculos confiáveis de área.

- **Equidistantes**

São as **projeções cartográficas** que mantêm as proporções de distância ao longo de algumas direções, permitindo cálculos confiáveis de distâncias.

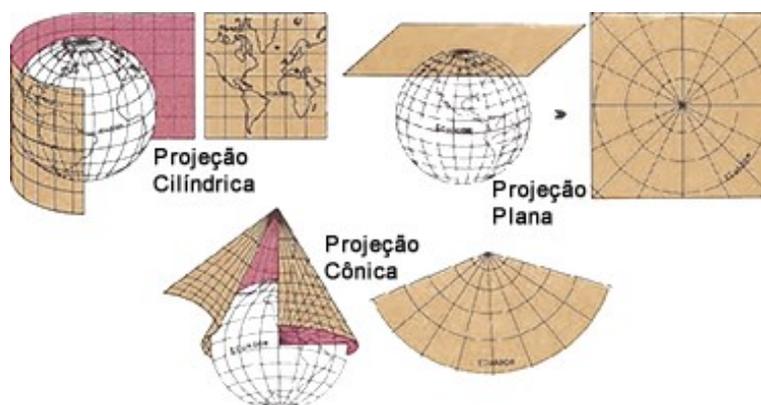
- **Afiláticas**

São as **projeções cartográficas** que não mantêm nenhuma das propriedades anteriores; contudo, podem se “aproximar” de manter mais de uma delas, sendo útil para usos didáticos, sem necessidade de precisão para cálculos de distância e área ou formato de limites.

Para a maioria dos procedimentos em SIG, conhecer essa forma de classificar as **projeções cartográficas** costuma ser suficiente para a escolha da projeção adequada a ser utilizada.

Contudo, há outras formas de classificar as **projeções cartográficas** em função do:

- tipo da superfície de projeção - projeções cilíndricas, projeções cônicas ou projeções planares/azimutais;
- contato do plano com *datum* (secante ou tangente).



**Figura 17:** Projeções segundo o tipo da superfície de projeção.

Fonte: Adaptado de UFF(2015)

Observe que as projeções na **Figura 17** são mostradas segundo o tipo da superfície de projeção: projeção cilíndrica, projeção cônica ou projeção planar/azimutal.

Na maioria dos *softwares* de SIG, é oferecido um sistema de referência de coordenadas (SRC) que, simplificada, é a combinação das coordenadas geográficas com um *datum*. Caso tenhamos um dado cuja localização dos objetos se dê por coordenadas baseadas em projeções cartográficas, ou assim desejemos que sejam visualizados, deveremos optar por um SRC que contemple, além do *datum* e das coordenadas geográficas, a projeção cartográfica que iremos usar.

Com raras exceções, os *softwares* reconhecem automaticamente o SRC de um dado georreferenciado - desde que exista o arquivo complementar que indique o SRC, o que

é bastante comum atualmente. Além disso, eles oferecem aos usuários, através de uma biblioteca de SRCs, a possibilidade de alterar o SRC dos dados. Tal procedimento pode ser utilizado para trocar de um SRC para outro, como, por exemplo, com base no *datum* oficial do país.

O mesmo procedimento pode ser utilizado, também, para aplicar uma projeção cartográfica a um dado cujo SRC associado contempla apenas coordenadas geográficas.

### ⚠ Atenção!

Ao realizar a transformação do SRC de um *datum* para outro, é importante seguir as normas oficiais estabelecidas pelo IBGE.

### + Saiba Mais!

Para mais informações, visite as páginas do portal do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), disponível em:

[http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/param\\_transf/default\\_param\\_transf\\_shtm](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/param_transf/default_param_transf_shtm)

As principais projeções cartográficas utilizadas no Brasil são a **Cônica Conforme de Lambert**, a **Cônica Equivalente de Albers**, a **Azimutal (plana) Equidistante** e a **Universal Transversa de Mercator (UTM)**.

**Universal Transversa de Mercator (UTM)** - A projeção UTM é cilíndrica, conforme e praticamente equivalente (apresentando distorções de área inferiores a 0,5%).

Ser uma projeção conforme e “quase” equivalente é uma grande vantagem da UTM em relação às outras projeções. Na prática têm-se 120 projeções UTM, uma vez que ela é aplicada de maneira diferenciada aos hemisférios Norte e Sul, dividindo-os em 60 fusos (linhas semelhantes aos meridianos) de 6° de longitudinais.



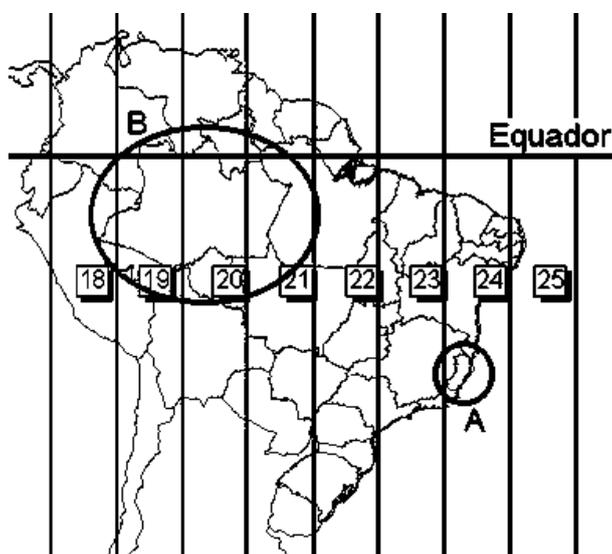
A projeção cartográfica **UTM** merece destaque por algumas características que fazem dela a principal opção para mapeamento de elementos de pequena extensão, como a maior parte dos municípios brasileiros.

Essa projeção é cilíndrica, conforme e, se utilizada de maneira adequada, praticamente equivalente (apresentando distorções de área inferiores a 0,5%).

Ser uma projeção **conforme** e “**quase**” **equivalente** é uma grande vantagem da **UTM** em relação às outras projeções. Na prática, têm-se 120 projeções UTM, uma vez que

ela é aplicada de maneira diferenciada aos hemisférios Norte e Sul, dividindo-os em 60 fusos (linhas semelhantes aos meridianos) de 6° de longitudinais.

Observe a **Figura 18**, que apresenta Fusos UTM que interceptam o Brasil e a América do Sul.



**Figura 18:** Fusos UTM que interceptam o Brasil e a América do Sul, com destaques para os estados do Espírito Santo (A) e Amazonas (B).

Para que as propriedades que tornam o uso da UTM vantajoso sejam mantidas é necessário, entretanto, que a área-alvo do mapeamento esteja concentrada no interior da faixa de um único fuso.

A **Figura 18** mostra que o estado do Espírito Santo (A) está integralmente na área do fuso 24, podendo ser mapeado utilizando a projeção UTM para o fuso 14 hemisfério Sul.

Já o estado do Amazonas tem porções de seu território nas áreas de quatro fusos diferentes, logo não poderia ser adequadamente mapeado com uma projeção UTM.

### 2.4.5 Escala

Na cartografia, o conceito de escala está associado à proporção entre a representação do elemento e suas dimensões espaciais no mundo real.

Assim, quando afirmamos que a escala de um mapa de bairros de um município é **1:15.000**, isso equivale a informarmos que, em nosso mapa, os municípios são 15.000 vezes menores que no mundo real.

Ao tratarmos de nível de detalhe dos mapeamentos, podemos observar:

- **Escala maiores** - de menor denominador, como 1:10.000 e 1:5.000 - nos oferecem a possibilidade de representar mais detalhes.
- **Escala menores** - de maior denominador, como 1:1.000.000 e 1:15.000.000 - abrangem uma área maior da superfície terrestre, apesar de nos permitirem representar menos detalhes.



**Figura 19:** Ilustração destacando as escalas nominais e gráfica.

Na **Figura 19**, é possível notar que, na escala menor - 1:25.000.000, não conseguimos distinguir adequadamente as divisões municipais do estado do Rio de Janeiro.

Já na escala maior - 1:4.000.000, os limites municipais podem ser distinguidos com maior precisão.

Além disso, na mesma figura, temos um exemplo de escala gráfica (destacada, envolvida em azul).

A escala nominal nos oferece, através apenas de caracteres textuais ou numéricos, a proporção da escala.

Já a escala gráfica, nos proporciona uma representação visual que permite comparar o formato dos elementos do mapa com as suas dimensões reais, através de uma espécie de “régua”.



### 3. Sensoriamento Remoto - SR

## 3. SENSORIAMENTO REMOTO - SR

**Sensoriamento remoto (SR)** é o conjunto de técnicas e ferramentas utilizado para obter dados e informações acerca de objetos/fenômenos sem contato direto com eles, ou seja, a distância, remotamente.

### 3.1 Definições e conceitos

Em nossas atividades do dia a dia, fazemos uso constante do SR:

- a troca de dados - imagens, texto, etc. por meio de telefones celulares;
- o uso de GPS automotivo;
- o uso de câmeras fotográficas, de aparelhos de raio-X, entre outros.

**Sensores remotos** são dispositivos que nos permitem “captar” os dados de objetos com os quais não temos contato direto.

Nossos olhos são “aparelhos” sensores remotos, uma vez que transmitem ao nosso cérebro impulsos associados às características dos objetos para os quais estamos olhando.

#### **Atenção!**

O que identificamos como luz é parte da **radiação eletromagnética (REM)** que entrou em contato com os objetos, foi refletida por eles e percebida pela nossa visão.

Assim, nossos olhos são capazes de gerar “dados” acerca de objetos que estejam iluminados e apenas para uma pequena parte da faixa de frequência da **(REM)**. Na ausência de reflexão e na faixa visível enxergamos os objetos pretos e, caso não exista outro objeto refletindo REM visível perto, estaremos no escuro. A REM é utilizada em diversos instrumentos de SR, sendo vários deles associados às geotecnologias.

As aplicações do SR são muitas, entre as quais é possível destacar:

- Estudos de identificação de uso e cobertura do solo;
- Estudos de transformação de uso e cobertura;
- Análises de perda de vegetação;
- Análises meteorológicas e climatológicas;
- Detecção de queimadas;
- Análises hidrológicas;
- Elaboração de modelos de elevação.

#### **Saiba Mais!**

Para saber mais sobre **Sensoriamento remoto (SR)**, leia o livro “**Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**”. Disponível em: <http://www.cnpq.br/documents/10157/56b578c4-0fd5-4b9f-b82a-e9693e4f69d8>.

Compreender o funcionamento do SR é relativamente simples quando não se entra em detalhes acerca das questões associadas à ótica e à tecnologia empregada.

Vamos começar por uma abordagem mais simples, compreendendo o funcionamento de forma generalizada e, em seguida, trataremos de alguns detalhes.

Têm-se os seguintes processos em SR:

- a) Uma fonte emite a energia (essa fonte pode ser o próprio sensor, ou o sol);
- b) A energia incide sobre os **alvos** e parte dessa energia é refletida;
- c) A energia que é refletida pelos alvos chega ao **sensor**;
- d) Já que se sabe a forma como a energia foi emitida originalmente, é possível comparar com a maneira como ela chegou ao sensor após interagir com os alvos e verificar as diferenças entre a energia emitida inicialmente e aquela refletida pelos alvos, a partir dos dados coletados pelo sensor;
- e) O valor da energia que chega ao sensor é associado às células de um dado matricial, com base no conceito de tesselação, e implementado na forma de um arquivo de imagem (geralmente tif);
- f) Esses dados matriciais são tratados para corrigir alguns erros de aferição da energia refletida e a imagem tratada é disponibilizada para uso em *softwares* de **SIG e processamento digital de imagens (PDI)**;
- g) No ambiente do *software* de SIG (ou especificamente de PDI), são associados tons diferentes aos valores de *pixels* das imagens, permitindo a **interpretação visual das diferenças na tela do computador**.

### **Atenção!**

A fonte da REM pode ser o próprio sensor ou outra fonte!

*Softwares* de processamento digital de imagens (PDI) são aqueles que permitem o processamento de dados com o intuito de gerar informações e nos quais o formato dos dados de entrada e saída são imagens. A associação de cores e tons aos pixels em função de seus valores, na maioria dos casos, é um artifício que serve apenas para facilitar a interpretação visual pelo olho humano.

Para o computador, o tratamento dos dados da imagem ocorrerá em função dos valores associados aos pixels, independente de aplicarmos ou não tons para visualização.

As etapas de **a** até **d** representam a parte que de fato envolve o sensoriamento remoto propriamente dito. As etapas seguintes – **e**, **f**, e **g** – já envolvem o tratamento dos dados.

Grande parte do processamento digital de imagens (PDI) se dá sobre o tratamento das diferentes respostas dos objetos ao longo de uma área da superfície do planeta. Comparando as diferentes respostas, podem-se extrair diversas informações espaciais.

## 3.2 Radiação Eletromagnética (REM) e Assinatura Espectral

A radiação eletromagnética (**REM**) é a principal energia utilizada no sensoriamento remoto (**SR**).

Algumas das vantagens do uso dessa forma de energia (REM) para o SR são:

- propagação no vácuo;
- interação de maneira diferenciada com todos os corpos acima da temperatura de zero absoluto (- 273,15° C);
- penetração boa na atmosfera;
- existência do Sol como fonte abundante.

Composta por um campo elétrico e um campo magnético que se autopropagam na forma de ondas, a REM pode ser entendida, conforme ilustra a **Figura 20**.

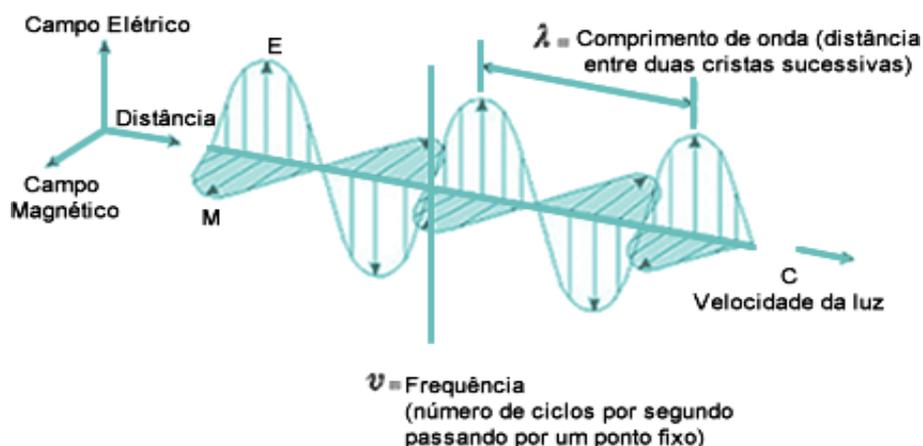
O comprimento de onda é a distância entre duas cristas de onda, ou seja, a distância percorrida pela onda enquanto completa um ciclo de repetição de sua ondulação.

Já a frequência mede quantas vezes a onda repete esse ciclo no intervalo de um minuto.

O comprimento é medido em derivadas do metro, geralmente **micrômetros -  $\mu\text{m}$** ; enquanto a frequência é medida em **Hertz - Hz**.

Ambas as aferições podem ser utilizadas para caracterizar a REM, contudo, observe que são grandezas inversamente proporcionais, ou seja, quanto maior a frequência, menor o comprimento de onda e vice-versa. A **Figura 20** ajuda nessa visualização.

A REM, que de fato compõe a luz visível, se propaga na velocidade da luz.



**Figura 20:** Ilustração representando a propagação da REM.

Um termo bastante comum ao lidar com a REM é o espectro eletromagnético.

Espectro eletromagnético se refere ao ordenamento linear das faixas de frequência ou de comprimento de onda da REM e é útil para compreender e representar “onde” se encontram as faixas a serem utilizadas no SR.

Através do espectro eletromagnético, é possível observar que aquilo que nossos olhos captam (REM visível) representa apenas uma pequena parte da REM, como mostra a **Figura 21**.

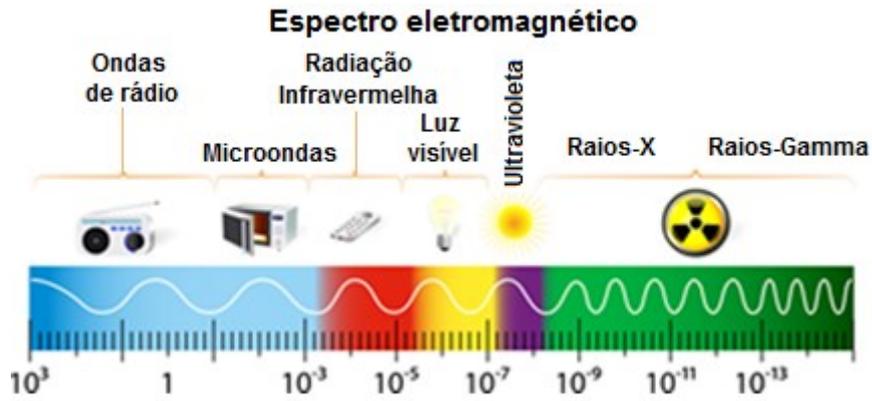


Figura 21: Espectro eletromagnético, com destaque para a sua porção visível.

### ⊕ Saiba Mais!

No SR não se utiliza apenas a REM visível, mas também, outras faixas, permitindo diferenciar melhor objetos que a olho nu têm comportamentos parecidos.

Uma das vantagens do uso de sensores artificiais está na possibilidade de trabalhar com faixas de frequência fora daquelas visíveis ao olho humano, como, por exemplo, o infravermelho.

Uma vez que as moléculas diferentes comportam-se de maneira diferente frente às diferentes frequências de REM, trabalhar com faixas de frequência adicionais permite perceber diferenças que não seriam notadas a olho nu ou por sensores que trabalhem na mesma faixa de frequência do olho humano.

Assinatura espectral é o nome dado às diferentes intensidades de reflexão que os objetos possuem frente à REM.

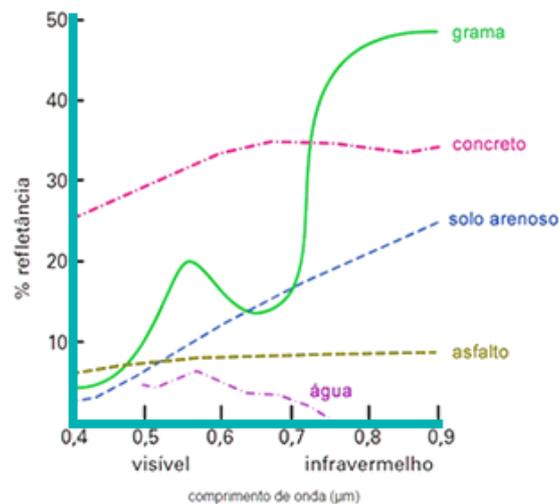


Figura 22: Assinatura espectral. Fonte: INPE.

Na **Figura 22**, temos um gráfico representando a assinatura espectral de alguns objetos: a grama, o concreto, o solo arenoso e o asfalto.

Observe o **eixo vertical** e o **eixo horizontal** no gráfico:

- no **eixo vertical**, aparece a porcentagem da energia refletida; e
- no **eixo horizontal**, aparece a variação do comprimento de onda em micrômetros.

Podemos observar também que conforme aumenta o comprimento da onda que incide sobre o solo arenoso, maior é a energia que ele reflete. Isso significa que o solo arenoso responde com maior intensidade de reflexão à faixa de REM em torno de 0,8 a 0,9 micrômetros do que à faixa em torno de 0,4 a 0,5 micrômetros.

Um **SR** pode gerar dados para diferentes faixas de comprimento de onda ou frequência. A esses dados damos o nome de **banda**.

Cada estrutura molecular apresenta respostas diferentes para as diferentes faixas de comprimento ou frequência da REM.

### Exemplo

Observando a **Figura 22**, suponhamos que um sensor gere uma **banda A**, na faixa de 0,5 a 0,6 micrômetros e uma banda B, na faixa de 0,8 a 0,9 micrômetros. A **banda B** seria melhor para diferenciar o solo arenoso do asfalto e da água do que a **banda A**, em que a resposta desses objetos é parecida.

Em alguns casos, a assinatura espectral dos alvos é muito diferente; em outros, pode ser semelhante. Assim, pode ser necessário trabalhar com mais de uma banda ao mesmo tempo para identificar e/ou diferenciar objetos na superfície do planeta ou na atmosfera.

## 3.3 Sensores Remotos

Os instrumentos principais do SR, os sensores remotos, são responsáveis pela aferição da intensidade da energia refletida pelos alvos e pela geração dos dados brutos que darão origem às imagens de SR.

Os SR podem ser classificados de diferentes maneiras. As principais são: em função do seu **posicionamento em relação à superfície do planeta**; em **função da fonte da energia utilizada**; e em **função da faixa de frequência** ou comprimento de onda da REM sobre a qual eles realizam suas medições.

### 3.3.1 Posição do Sensor Remoto

Com relação à posição, os sensores podem ser:

- **Terrestres**

São os **sensores** que estão na superfície ou próximos à superfície do planeta. A **Figura 23** mostra um sensor remoto terrestre.

 **Exemplo**

Câmeras fotográficas convencionais e sensores de mapeamento a laser.



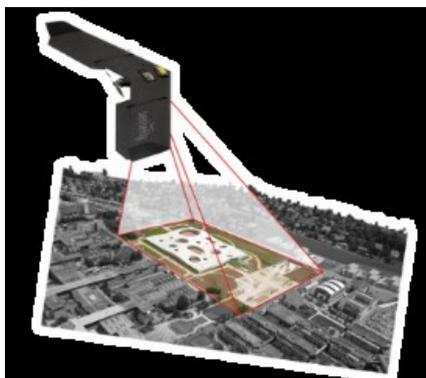
**Figura 23:** Sensor remoto terrestre a laser.

- **Aerotransportados**

São os sensores que são transportados por veículos que se encontram dentro das camadas inferiores e intermediárias da atmosfera. A **Figura 24** apresenta um sensor aerotransportado.

 **Exemplo**

Sensores transportados por veículos aéreos não tripulados (VANTs), drones e aviões convencionais.



**Figura 24:** Veículo aéreo não tripulado servindo de transporte a um sensor remoto para geração de fotografias aéreas.

- **Orbitais**

São os sensores que se encontram em órbita ao redor do planeta.

A **Figura 25** evidencia um sensor carregado por um satélite em órbita ao redor da Terra.

### Exemplo

Satélites artificiais.



**Figura 25:** Satélite orbital que transporta um sensor remoto.

## 3.3.2 Fonte da Energia

Com relação à fonte da energia utilizada, os sensores remotos podem ser:

- **Passivos:** são os **sensores** que utilizam REM de outras fontes, na grande maioria dos casos do Sol.

### Exemplo

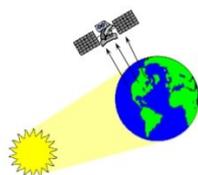
Sensores óticos.

- **Ativos:** são **sensores** que geram o próprio pulso de REM.

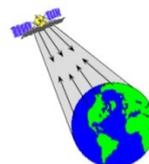
### Exemplo

Radares.

sensor passivo



sensor ativo



**Figura 26:** Ilustração de sensores passivo e ativo.

### 3.3.3 Faixa de Frequência

Com relação à faixa de frequência em que operam, os sensores remotos podem ser:

- **Óticos:** são os **sensores** que operam na faixa do visível e do infravermelho.
- **Radares:** são os **sensores** que operam na faixa de microondas.

Em geral, os sensores mais utilizados para estudos e análises ambientais são os aerotransportados e os orbitais óticos passivos.

Enquanto o aerotransportado é mais utilizado para monitoramentos e levantamento de dados com alta resolução espacial, os orbitais óticos passivos são bastante usados para monitoramentos e levantamentos de dados com resoluções espaciais intermediárias.

#### Atenção!

Os sensores orbitais óticos, além de oferecerem número maior de bandas, são muito utilizados para classificação de imagens - para mapas de uso e cobertura - e monitoramento de danos ambientais oriundos do desmatamento e de queimadas.

Entretanto, o uso de sensores aerotransportados pode auxiliar na geração de dados sobre fenômenos que sofrem alterações muito rápidas, pelo fato de seus voos poderem ser planejados conforme a necessidade a cada momento.

### 3.4 Resoluções no Sensoriamento Remoto

No SR, temos algumas resoluções associadas aos sensores e aos dados gerados por eles. Essas resoluções são: a **espacial**, a **espectral**, a **radiométrica** e a **temporal**.

É importante destacar que, comumente, ao nos referirmos à resolução, estamos nos referindo a apenas uma das resoluções: a espacial.

#### Atenção!

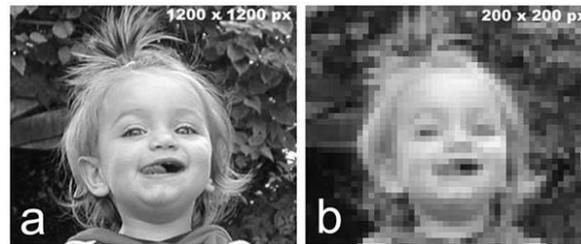
Compreender e considerar as várias resoluções é muito importante para a escolha do dado adequado aos objetivos dos estudos e das análises que se pretende realizar.

- **Resolução espacial**

A resolução espacial está diretamente associada ao tamanho das células ou *pixels* da imagem.

Uma vez que os dados de SR indicam o valor médio medido de reflexão da REM na área de cada *pixel*, *pixels* menores oferecem mais detalhes, pois permitem mais medições em uma mesma região.

Quanto maior a resolução espacial, menor é o tamanho dos *pixels* e melhor é a nossa capacidade de distinguir o formato dos objetos. A **Figura 27** nos permite ver essa diferença.



**Figura 27:** A mesma imagem com diferentes resoluções espaciais, ou seja, diferentes tamanhos de *pixels* (STEFFEN, 2015).

- **Resolução espectral**

A resolução espectral está relacionada com o número de faixas de frequência ou comprimento de onda para o qual o sensor consegue gerar dados separadamente, ou seja, o número de bandas que um sensor produz.

Quanto maior o número de bandas, maior a resolução espectral.

Sensores que geram mais de uma banda são chamados de multiespectrais (ex: Landsat TM, com 7 bandas); já aqueles que geram muitas bandas são chamados de hiperespectrais (ex: AVIRIS, com 224 bandas).

- **Resolução radiométrica**

A resolução radiométrica está associada ao número de *bits* da imagem.

O número de *bits* define quantos valores diferentes um *pixel* pode receber, e como 1 *bit* oferece sempre duas opções, trabalha-se com expoentes de 2.

Como no SR é muito comum trabalharmos com números naturais, utilizaremos esse exemplo. Em imagens de 2 *bits*, temos 2<sup>2</sup> possibilidades de valor, ou seja, 4 valores possíveis.

Então, em uma imagem de 2 *bits*, os *pixels* poderiam ter valor 0, 1, 2 ou 3 (4 valores diferentes).

### **Atenção!**

bit: É, na computação e na teoria da informação, a menor unidade de informação que pode ser armazenada ou transmitida, podendo assumir dois valores - 0 e 1, correspondendo a falso e verdadeiro, respectivamente.

Se associássemos **tons de cinza** a essa imagem de 2 *bits*, teríamos 4 tons apenas: preto para os *pixels* com valor 0, cinza escuro para os de valor 1, cinza claro para os de valor 2 e branco para os de valor 3.

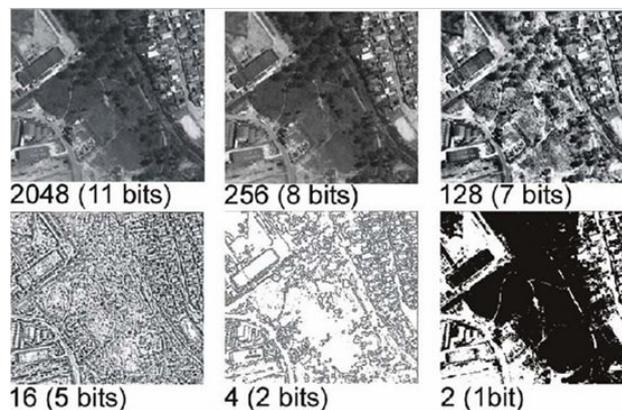
Nesse caso, o valor 0 corresponderia a uma resposta muito baixa, o valor 1 a uma resposta baixa, o valor 2 a uma resposta alta e o valor 3 a uma resposta muito alta.

Já no caso de uma imagem com 8 *bits* ( $2^8$ ), temos 256 valores possíveis, ou seja, uma variação de 0 a 255 que nos possibilitaria o uso de uma grande quantidade de tons de cinza.

### ⚠ Atenção!

**Tons de cinza:** Ao visualizar uma banda por vez, usamos tons de cinza. Porém, isso é apenas uma convenção, uma vez que os *softwares* permitem atribuir outras tonalidades de cor, caso o usuário solicite.

Na **Figura 28**, podemos observar o aumento da variedade de tons de cinza proporcionalmente ao aumento do valor de *bits* de cada imagem.



**Figura 28:** Exemplo da mesma imagem com diferentes resoluções radiométricas.

Observe o incremento nos níveis de cinza (MELO, 2003, p.34).

### • Resolução temporal

A resolução temporal está associada ao tempo que o sensor leva para gerar dados atualizados acerca de uma área ou um fenômeno.

Os sensores orbitais estão atrelados ao tempo que o sensor leva para “passar” de novo sobre a mesma área.

A resolução temporal é extremamente importante quando estudamos e/ou monitoramos fenômenos cujo comportamento varia muito ao longo do tempo.

### ➡ Exemplo

São fenômenos muito dinâmicos no tempo: queimadas, cheias de rios, deslizamentos, processos erosivos fluviais e marinhos e supressão de vegetação.

Também devemos estar atentos à periodicidade de alguns eventos, como eventos climáticos, variações na cobertura vegetal e vazão dos corpos hídricos.

A **Figura 29** evidencia a situação de eventos climáticos.



**Figura 29:** Duas imagens da mesma região, porém obtidas em meses diferentes.

Observe, na **Figura 29**, a diferença na composição da vegetação.

No primeiro caso (a), o sensor obteve os dados após o período de seca; logo, há pouca vegetação verde.

No segundo caso (b), o mesmo sensor obteve dados após o período das chuvas; logo, há muita vegetação verde.

Ao trabalhar com dados de SR, deve-se optar pelo sensor que gere os dados com as resoluções mais adequadas à informação que se pretende extrair.

É importante avaliar as diferentes resoluções das imagens e sensores, de forma a escolher o mais adequado dado e, assim, poupar custos e tornar mais eficiente o trabalho.

## CONSIDERAÇÕES

Raramente cabe ao próprio gestor a função de escolher e tratar dados. Essa função, na grande maioria dos casos, está nas mãos do pessoal que atua na parte técnica das secretarias de meio ambiente e organizações civis que lidam com questões ambientais.

Contudo, tanto ao técnico que executa as análises quanto ao gestor que deve oferecer respostas às demandas ambientais que se apresentam diante da gestão pública, estar familiarizado com o funcionamento, os potenciais e as limitações das geotecnologias é essencial.

As geotecnologias são hoje utilizadas em larga escala em todo o planeta, nas mais variadas áreas de atividade do homem, e têm no atendimento às demandas ambientais uma das principais áreas de utilização.

É importante realçar, no entanto, que as geotecnologias fazem parte de um conjunto vasto e complexo de conhecimentos e técnicas associados à geoinformação.

Como em qualquer outra área do conhecimento, é natural que quanto mais se conhece sobre esse tema, mais demanda por conhecimento surja.

A aplicação adequada de qualquer uma das ferramentas mencionadas envolve a contratação ou qualificação adequada de pessoal para tal função, pois adquirir experiência no uso dos instrumentos também é essencial para aprofundar os conhecimentos e dominar a utilização dos *softwares* de SIG e PDI.

O presente curso, de caráter introdutório, visou a oferecer um degrau inicial de nivelamento em direção à compreensão do funcionamento das geotecnologias e de algumas possibilidades de uso das mesmas para a gestão ambiental municipal.

Cabe ao poder público e às organizações civis buscar infraestrutura e explorar a fundo as possibilidades de qualificação de pessoal e de parcerias para a execução de atividades com uso de geotecnologias.

Instituições como o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE - <http://www.inpe.br/>), o Sistema LABGIS, do Núcleo de Geotecnologias da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (LABGIS/UERJ – [www.labgis.uerj.br](http://www.labgis.uerj.br/)), entre diversas outras, oferecem qualificação na área de geotecnologias e atuam em parceria com outros órgãos públicos no sentido de favorecer a aplicação dessas tecnologias em prol da gestão ambiental de qualidade.

## REFERÊNCIAS

- BERNARDI, J.V.E. ; LANDIM, P.M.B. **Aplicação do Sistema de Posicionamento Global (Gps) na Coleta de Dados**. UNESP, Rio Claro. 2002. Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/DIDATICOS/LANDIM/textogps.pdf>. Acesso em: 13 jan.2015.
- BORGES, K. ; DAVIS,C. **Modelagem de Dados Geográficos**. In: **Introdução à Ciência da Geoinformação**. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap4-modelos.pdf> . Acesso em: 13 jan. 2015.
- D'ALGE, J. C. L.. Cartografia para geoprocessamento. In: **Introdução à Ciência da Geoinformação**. Disponível em <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap6-cartografia.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2015.
- IBGE. **ProGrid**. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/param\\_transf/default\\_param\\_transf.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/param_transf/default_param_transf.shtm). Acesso em: 15 jan. 2015.
- ICMS. **What is a geocentric datum and why do we need to use one?**. Disponível em: <http://www.icsm.gov.au/mapping/datums1.html>. Acesso em: 6 Fev. 2015
- MELO, Danilo H. C. T. B. **Uso de Dados IKONOS II na Análise Urbana: Testes Operacionais na Zona Leste de São Paulo**. INPE, São José dos Campos, 2003. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/pgsere/Melo-D-H-C-T-B-2002/publicacao.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2015.
- MENESES, P. R.; Almeida, T. (Org.) **Introdução ao Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. CNPq/UNB. Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.cnpq.br/documents/10157/56b578c4-0fd5-4b9f-b82a-e9693e4f69d8>. Acesso em: 15 jan. 2015.
- QGIS. **Um Sistema de Informação Geográfica livre e aberto**. Disponíveis em: [http://www2.qgis.org/pt\\_BR/site/](http://www2.qgis.org/pt_BR/site/). Acesso em: 15 jan. 2015.
- RIBEIRO, J.C. **Fotogrametria Digital**. Universidade Federal de Viçosa, 2002. Disponível em: <http://www.ufv.br/nugeo/ufvgeo2002/resumos/jcristeiro.pdf>. Acesso em: 13 jan.2015.
- STEFFEN, C. A. **INTRODUÇÃO AO SENSORIAMENTO REMOTO**. Disponível em: <http://www.inpe.br/idades/cep/atividadescep/educasere/apostila.htm#carlos>. Acesso em: 13 jan. 2015.
- WIKIMEDIA COMMONS. **Geoide**. Disponível em: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Geoids\\_sm.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Geoids_sm.jpg). Acesso em: 19 fev. 2015.

## BIBLIOGRAFIA

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. (orgs). **Introdução à Ciência da Geoinformação. INPE.** São José dos Campos, 2001.

CARVALHO, M.V. A. ; MAIO, A. C. D. **Geolista: relação de sites que disponibilizam gratuitamente dados e informações espaciais.** Universidade Federal Fluminense (UFF), 2008. Disponível em: <http://www.uff.br/geoden/docs/GeoLISTA.pdf>. Acesso em: 13 Jan. 2015.

CASANOVA, M.; CÂMARA, G.; DAVIS, C.; VINHAS, L.; QUEIROZ, G. R. (orgs). **Bancos de Dados Geográficos. MundoGEO.** Curitiba, 2005.