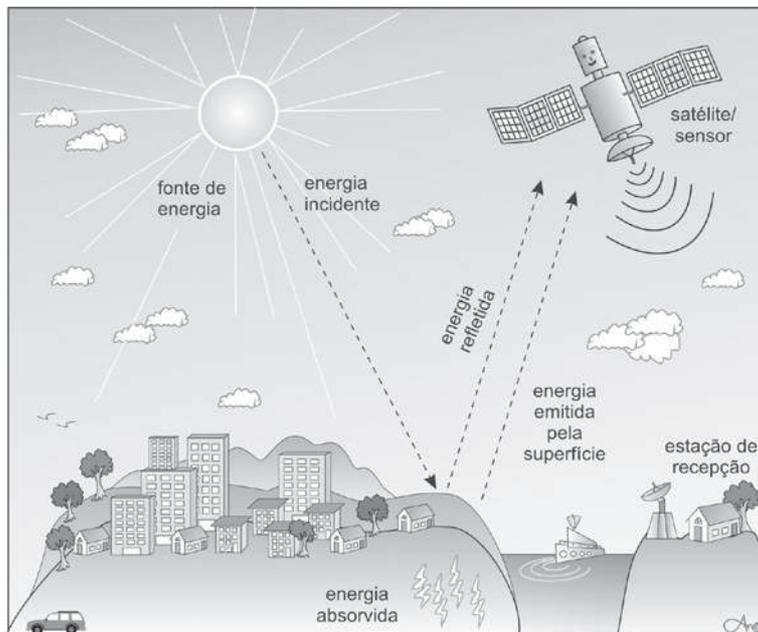


# 4 Sensoriamento Remoto



*Carlos Fernando Quartaroli  
Luiz Eduardo Vicente  
Luciana Spinelli de Araújo*

### **89 O que é sensoriamento remoto?**

É a aquisição de informações sobre um objeto mediante análise de dados adquiridos por dispositivos que não estão em contato direto com o objeto em investigação. Esses dispositivos, chamados de sensores remotos, são capazes de coletar energia proveniente do objeto, convertê-la em sinal passível de ser registrado e apresentá-lo em forma adequada à extração de informações sobre o referido objeto.

Por essa definição, seriam considerados sensores remotos os sensores que operam com energia acústica (sonares, sismógrafos, sismômetros, etc.), com energia gravitacional (gravímetros) e com energia eletromagnética (radiômetros). Entretanto, costuma-se restringir o uso do termo sensores remotos aos equipamentos que operam apenas pela detecção da energia eletromagnética ou radiação eletromagnética.

### **90 O que é radiação eletromagnética?**

É a forma pela qual a energia é transmitida por meio de um campo eletromagnético variável, no qual os campos elétricos e magnéticos têm direções perpendiculares entre si. A energia produzida pelo Sol chega à Terra por esse modo de transmissão. A luz é a forma mais conhecida de radiação eletromagnética e corresponde à parte da radiação eletromagnética à qual o olho humano é sensível.

Existem outras formas de radiação eletromagnética, de origem natural ou artificial (produzidas por humanos), como:

- A radiação ultravioleta.
- A radiação infravermelha.
- Os raios-X.
- As ondas de rádio.
- As micro-ondas, etc.

### **91 Como é gerada a radiação eletromagnética?**

Esse tipo de radiação é gerado toda vez que uma carga elétrica é acelerada. Essa aceleração dá origem a uma perturbação

eletromagnética que se propaga através do espaço, constituída por dois campos, um elétrico e um magnético, em recíprocas induções, oscilando de forma harmônica em direções perpendiculares entre si.

Essa propagação assume a forma de onda, com o campo elétrico e o campo magnético oscilando perpendicularmente à direção do movimento da onda, a chamada onda eletromagnética. Essa onda transporta energia e tem a particularidade de não precisar de um meio para se propagar. Ela propaga-se no vácuo, a uma velocidade aproximada de  $300.000 \text{ km s}^{-1}$ .

### **92 O que são comprimento de onda e frequência da radiação eletromagnética?**

O comprimento de onda e a frequência são propriedades da radiação eletromagnética. O comprimento de onda é a distância de um pico de onda ao outro, enquanto a frequência é medida pelo número das ondas que passam por um ponto fixo em um segundo. Quanto maior for o comprimento de onda da radiação, menor será sua frequência. A unidade para frequência é o hertz, representada pelo símbolo Hz. A unidade para comprimento de onda é o metro (m). Para comprimentos de onda extremamente pequenos, costuma-se utilizar os prefixos nano e micro. Um nanômetro (1 nm) corresponde a  $10^{-9}$  m; um micrômetro (1  $\mu\text{m}$ ) corresponde a  $10^{-6}$  m.

### **93 O que é espectro eletromagnético?**

É a disposição da radiação eletromagnética ordenada de maneira contínua em função de seu comprimento de onda ou de sua frequência. O espectro eletromagnético é contínuo, mas é arbitrariamente dividido pelo ser humano em intervalos de comprimento de onda com base nos mecanismos físicos geradores da energia eletromagnética e nos mecanismos físicos de sua detecção.

Termos como luz visível, radiação infravermelha, micro-ondas, ondas de rádio, radiação ultravioleta, raios-X e raios gama referem-se a regiões do espectro. Essas regiões ainda podem ser divididas em regiões menores. A luz visível, por exemplo, pode ser dividida em azul, verde e vermelha; por sua vez, a radiação infravermelha pode ser dividida em infravermelho próximo, infravermelho médio e infravermelho termal.

#### 94 Como a radiação eletromagnética interage com a matéria?

Ao incidir sobre um corpo, a radiação eletromagnética (REM) pode ser refletida, absorvida ou transmitida. Se absorvida, a energia geralmente é reemitida, normalmente com diferentes comprimentos de onda. Dependendo das características físicas e químicas do corpo, os quatro processos – emissão, reflexão, transmissão e absorção – ocorrem com intensidades diferentes em diferentes regiões do espectro. Portanto, o registro do fluxo radiante proveniente de um corpo permite derivar informações importantes sobre suas características físicas (dimensão, forma, temperatura, cor, etc.) e químicas (composição).

#### 95 O que são bandas espectrais?

São o intervalo entre dois comprimentos de onda no espectro eletromagnético. Geralmente, o nome da banda espectral refere-se à região do espectro onde ela está localizada (infravermelho próximo, azul, verde, infravermelho termal, etc.). Muitos dos sistemas sensores registram a energia refletida ou emitida pelo alvo em diferentes bandas do espectro eletromagnético. Se esse registro for feito por meio de imagens, será gerada uma imagem do alvo para cada banda.

#### 96 Qual a diferença entre sensores remotos passivos e ativos?

**Sensores passivos** – Não emitem energia. Captam a radiação solar refletida ou transmitida pelo alvo ou a radiação emitida, naturalmente, por esse alvo.

**Sensores ativos** – Emitem a energia que irá interagir com os alvos em estudo.

Os radares são exemplos de sensores ativos. Eles operam na faixa espectral das micro-ondas. Como a quantidade de energia emitida naturalmente pela superfície terrestre nessa faixa do espectro é muito baixa, os radares necessitam gerar sua própria energia.

97

**Todos os sensores remotos geram uma imagem como produto final?**

Sensores imageadores (Landsat TM, CBERS, ASTER, etc.) geram como produto final uma imagem, na forma de uma matriz de números digitais, cada qual associado a um pixel. Entretanto, existem sensores não imageadores, como radiômetros que medem a radiância de um alvo e apresentam os dados em forma numérica, ou os espectrorradiômetros que medem a radiância em diferentes bandas do espectro e apresenta os resultados em forma de tabela numérica ou de gráfico, em função do comprimento de onda ou da frequência da radiação.

98

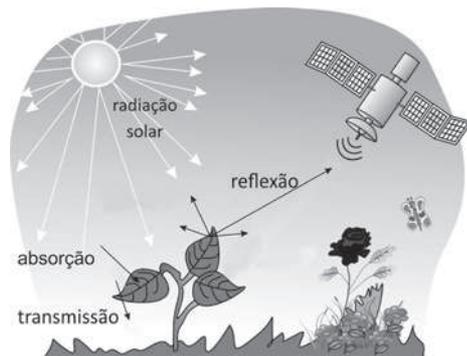
**O que é espalhamento atmosférico e como ele interfere na aquisição de dados de sensoriamento remoto usados na observação da Terra?**

É um fenômeno que ocorre quando partículas da atmosfera (gases e aerossóis) modificam a direção de propagação da radiação eletromagnética (REM) aleatoriamente, dispersando-a em todas as direções, sem que haja mudança no seu comprimento de onda.

Antes de ser captada por um sensor, a REM proveniente de alvos da superfície terrestre atravessa a atmosfera e pode sofrer espalhamento atmosférico. Esse fenômeno resulta na diminuição da qualidade das imagens adquiridas pelo sensor, causando o aparecimento de bruma. Os efeitos do espalhamento atmosférico são mais intensos nos comprimentos de onda do visível e do infravermelho próximo.

99

**O que é absorção atmosférica e como ela interfere na aquisição de dados de sensoriamento remoto usados na observação da Terra?**



É a absorção da radiação eletromagnética (REM) pelos constituintes da atmosfera. Cada tipo de molécula atmosférica absorve energia em determinadas regiões do espectro eletromagnético. Os principais gases responsáveis pela absorção da REM pela atmosfera são o vapor d' água, o ozônio, o dióxido de carbono e o metano.

A absorção de REM pelos constituintes atmosféricos restringe a aquisição de informações por sensoriamento remoto a algumas porções do espectro, uma vez que há regiões nas quais a energia é totalmente absorvida. A REM com comprimento de onda menor que  $0,3 \mu\text{m}$  (regiões dos raios-X e raios-g) é toda absorvida pela camada de ozônio da atmosfera superior. A região do ultravioleta também é bastante afetada pela absorção atmosférica. A energia nos comprimentos de onda do visível e do infravermelho é razoavelmente bem transmitida pela atmosfera, mas apresenta alguns intervalos com forte absorção que interferem na qualidade e na quantidade de energia solar disponível para o sensoriamento remoto dos recursos terrestres. Essas regiões são chamadas de "bandas de absorção da atmosfera".

100

**Em quais faixas do espectro eletromagnético os sensores remotos orbitais e aerotransportados operam?**

A principal faixa do espectro utilizada para o sensoriamento remoto dos recursos terrestres está entre os comprimentos de onda de  $0,4 \mu\text{m}$  e  $12 \mu\text{m}$ , na região do visível e do infravermelho e entre  $3 \text{ cm}$  e  $68 \text{ cm}$  na região das micro-ondas. Sensores que operam

nessa faixa do visível e infravermelho normalmente são sensores passivos que utilizam a energia refletida ou emitida pela superfície terrestre. Na faixa das micro-ondas, atuam sensores ativos com base em técnicas de radar. As bandas dos sensores passivos, normalmente são posicionadas em faixas do espectro nas quais a atmosfera quase não afeta a energia eletromagnética, ou seja, em faixas onde a atmosfera é transparente à energia eletromagnética proveniente do Sol ou da superfície terrestre.

101

### **O que representam os pixels de uma imagem digital de sensoriamento remoto?**

As imagens digitais são constituídas por um arranjo de elementos sob a forma de uma malha ou *grid*. Cada célula dessa malha tem sua localização definida num sistema de coordenadas do tipo linha e coluna. O nome dado a essas células é pixel. Em imagens de sensoriamento remoto da superfície terrestre, cada pixel contém um atributo numérico, conhecido como DN (do inglês *digital number*), que indica o nível de cinza da célula, que pode variar obviamente do preto ao branco.

O DN ou número digital de um pixel corresponde à intensidade da radiação eletromagnética refletida ou emitida na área da superfície terrestre correspondente ao pixel. Se essa área contiver diferentes tipos de materiais ou coberturas (solo, água, vegetação, construções, etc.), o DN do pixel será a média da intensidade da radiação eletromagnética refletida ou emitida por esses diferentes materiais ou coberturas.

Normalmente, a intensidade de radiação eletromagnética registrada num pixel é convertida para um número inteiro dentro de uma faixa que depende da resolução radiométrica do sensor.

102

### **O que é imagem georreferenciada?**

Diz-se que a imagem é georreferenciada quando seus pixels estão geograficamente identificados, ou seja, quando possuem

coordenadas geográficas ou coordenadas de um sistema de projeção conhecido que permita identificar a que ponto da superfície terrestre eles correspondem.

**103 O que é resolução radiométrica de um sensor?**

A resolução radiométrica é definida pelo número de níveis de cinza usados para expressar as variações na intensidade da energia coletada pelo sensor. Assim, quanto maior o número de níveis, maior será a resolução e a qualidade visual da imagem.

**104 Qual a relação entre bits e o número de níveis de cinza de uma imagem digital?**

Um bit pode assumir apenas dois valores: zero e um. Uma imagem com apenas dois níveis de cinza (preto e branco) necessitará de apenas um bit (dois valores) para ser representada: 0 (zero) para o preto e 1 para o branco. Com dois bits pode-se representar uma imagem com quatro valores ou quatro níveis de cinza (00, 01, 10 e 11). Com três bits pode-se representar 8 valores. Com  $n$  bits pode-se representar  $2^n$  níveis de cinza. Portanto, o número máximo de níveis de cinza de uma imagem é definido por uma potência de 2, onde o expoente representa o número de bits necessários para armazenar em forma digital o valor do nível máximo. Normalmente, os sensores usados na observação da Terra obtêm imagens em 8 ou 10 bits, equivalentes a 256 e 1.024 níveis de cinza, respectivamente.

**105 O que é resolução espacial de um sensor?**

O tamanho da área na superfície terrestre focada num instante por um detector do sistema sensor situado a uma determinada altura é denominado de elemento ou célula de resolução do terreno. O diâmetro dessa área é livremente referido como a resolução espacial do sistema sensor. Esse diâmetro pode ser calculado pela

multiplicação do IFOV (campo de visada instantâneo), expresso em radianos, pela altitude do sensor em relação ao terreno, expressa em metros. O IFOV é definido como ângulo cônico dentro do qual a energia é focada para o detector do sistema sensor. Exemplo: a resolução espacial de um sensor com IFOV de 2,5 miliradianos operando a 1.000 m acima do terreno será igual a 2,5 m.

#### **106 O que é resolução temporal de um sensor?**

A resolução temporal refere-se ao intervalo de tempo que um sistema sensor instalado em satélite demora em obter duas imagens consecutivas de uma mesma área da superfície terrestre. A resolução temporal, também conhecida como tempo de revisita, depende das características da órbita do satélite.

#### **107 O que é resolução espectral de um sensor?**

É a menor porção do espectro eletromagnético que um sistema sensor é capaz de segmentar. O conceito de resolução espectral é aplicável aos sensores multi ou hiperespectrais, aqueles que registram a energia refletida ou emitida pelo alvo em diferentes bandas do espectro eletromagnético. Assim, quanto mais estreitas forem essas bandas – em termos de intervalo de comprimento de onda – maior será a resolução espectral do sensor e maior será também a capacidade do sistema de discriminar variações no comportamento espectral do alvo a ser estudado.

#### **108 Qual a diferença entre sensores multiespectrais, hiperespectrais e ultraespectrais?**

Sensores multiespectrais registram a energia refletida ou emitida de um alvo através de um número reduzido de bandas espectrais, geralmente não mais que uma dezena. Sensores hiperespectrais, por sua vez, possuem centenas de bandas. Já sensores ultraespectrais,

possuem a perspectiva futura de operar em milhares de bandas. O CBERS e o Landsat TM5 são exemplos de sensores multiespectrais. O sensor aerotransportado Aviris (*Airborne Visible/Infrared Imaging Spectrometer*) e o sensor orbital EO-1 Hyperion são exemplos de sensores hiperspectrais operacionais. Até o momento não existem sensores ultraespectrais operacionais. Eles são considerados apenas uma concepção teórica.

**109** **É possível visualizar uma imagem de sensoriamento remoto em cores?**

Os dispositivos eletrônicos de vídeo, como os monitores de TV e de computadores, formam imagens coloridas pela sobreposição de luzes em diferentes intensidades nas cores vermelho, verde e azul. Para visualizar uma imagem de sensoriamento remoto em cores são necessárias três imagens da mesma área obtidas em diferentes bandas do espectro eletromagnético. Por meio de software específico, relacionam-se:

- Os níveis de cinza de uma das imagens à intensidade da luz vermelha do dispositivo de vídeo.
- Os níveis de cinza de outra imagem à intensidade de luz verde.
- Os níveis de cinza da terceira imagem à intensidade de luz azul.

O resultado é a formação no vídeo de uma imagem colorida, chamada de composição RGB. Quando se dispõe de imagem de uma única banda do espectro eletromagnético é possível visualizá-la apenas em níveis de cinza.

**110** **As imagens de sensoriamento remoto coloridas sempre apresentam os objetos em suas cores reais?**

Não. As composições coloridas de imagens de sensoriamento remoto podem apresentar objetos em cores falsas, diferentes daquelas

que apresentam na natureza. Os objetos apresentarão cores próximas de suas cores reais se as três imagens em níveis de cinza utilizadas para formar a imagem colorida corresponderem às bandas do vermelho, verde e azul do espectro visível e se a cor primária associada a cada imagem no dispositivo de vídeo for a mesma da faixa do espectro que representa.

Se pelo menos uma das imagens em níveis de cinza for associada a uma cor diferente da faixa do espectro visível que representa, ou se representar uma faixa do espectro não visível (infravermelho, por exemplo), os objetos na imagem colorida não serão representados por suas cores reais e a composição colorida é chamada de falsa cor, a qual é muito usada em análises visuais de imagens. Feições que se queira discriminar podem apresentar cores semelhantes numa composição em cores reais, mas cores contrastantes em determinadas composições falsa cor, o que facilita o trabalho do analista ao discriminá-las.

### **111 O que são índices espectrais?**

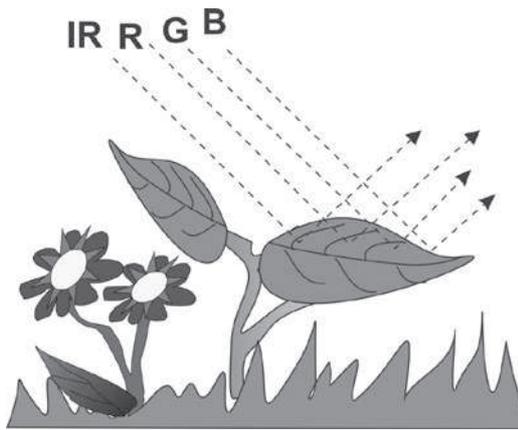
São resultados de operações aritméticas entre os valores numéricos de pixels de diferentes bandas de uma imagem. Os resultados obtidos podem ser representados na forma de uma nova imagem.

### **112 O que é NDVI e qual sua utilidade?**

O Índice Vegetativo da Diferença Normalizada (NDVI) é um índice espectral calculado a partir dos valores de reflectância das bandas do infravermelho próximo (NIR) e do vermelho (RED) pela fórmula:  $NDVI = (NIR - RED)/(NIR + RED)$ . Os valores de NDVI variam de -1 a 1; valores próximos de 1 indicam áreas de vegetação densa. A fórmula do NDVI – aplicada aos valores dos pixels de imagens de reflectância do NIR e do RED – geram uma imagem de NDVI que realça as variações de densidade da cobertura vegetal. As imagens de NDVI são empregadas em estudos de medida de

índice de área foliar, para determinar a porcentagem de cobertura do solo e estimar a radiação fotossinteticamente ativa.

### 113 O que é reflectância?



É a razão entre a quantidade de energia radiante refletida por uma superfície e a quantidade de energia radiante incidente na mesma superfície em determinada faixa do espectro eletromagnético no mesmo intervalo de tempo.

A reflectância é expressa em porcentagem ou por um número entre 0 e 1 que indica a fração da energia incidente sobre o alvo que foi refletida. Para se obter a reflectância é preciso medir os fluxos radiantes (quantidade de energia por unidade de tempo) refletido e incidente sobre uma superfície ou alvo em determinada faixa do espectro. Aparelhos como os espectroradiômetros podem fazer isso. Depois, basta dividir o fluxo refletido pelo incidente.

### 114 O que é uma curva de reflectância espectral e como ela é obtida?

É um gráfico da reflectância de um objeto em função do comprimento de onda do espectro eletromagnético. Para se obter uma curva espectral de reflectância são necessários sensores que registrem a radiância em diversas faixas do espectro eletromagnético, depois transformadas em reflectância. Quanto mais estreitas forem essas faixas, mais detalhadas serão as curvas espectrais e mais úteis serão na discriminação e na identificação dos materiais alvo.

As curvas espectrais de referência de diferentes materiais, normalmente são construídas a partir de amostras desses materiais, com dados de radiância coletados por espectroradiômetros, geralmente em centenas de faixas espectrais muito estreitas quanto ao intervalo de comprimento de onda. É possível construir uma curva espectral de reflectância para cada pixel de uma imagem multiespectral ou hiperespectral, desde que os números digitais da imagem sejam transformados em radiância, corrigidos quanto aos efeitos da atmosfera e transformados em imagens de reflectância.

115

**Qual a diferença entre radiância e reflectância e como se obtém a reflectância a partir da radiância?**

- Radiância – É a medida feita pelo sensor da densidade de fluxo que deixa um elemento de área da superfície do terreno e que se propaga em direção definida por um cone elementar de ângulo sólido contendo aquela direção.
- Reflectância – É a razão entre a quantidade de energia radiante que deixa uma unidade de área no terreno (Radiância) e a quantidade de energia incidente naquela área (Irradiância), medida no mesmo instante de tempo em determinada faixa do espectro eletromagnético. A reflectância é expressa por um número entre 0 e 1 ou em porcentagem, que indica a fração da energia incidente sobre o alvo que foi refletido.

Para se obter a reflectância de uma superfície a partir da radiância, divide-se o fluxo radiante refletido pela superfície pelo fluxo radiante incidente na mesma superfície.

116

**Em imagens de sensoriamento remoto, como diferenciar os principais alvos da superfície terrestre (solos, água, vegetação, construções, etc.)?**

É possível identificar visualmente diferentes alvos da superfície terrestre por meio de padrões de cor, textura e forma. Essa identificação torna-se mais fácil quando se tem conhecimento

da área estudada. Também é possível identificar diferentes alvos nas imagens se forem conhecidos seus comportamentos espectrais nas bandas que compõem a imagem. Dois alvos podem ter comportamento semelhante numa das bandas, mas comportamento completamente diferente em outra banda. Esse comportamento depende da reflectância dos alvos nas bandas em questão. Um alvo com alta reflectância em uma determinada banda do espectro será representado na imagem dessa banda por tons cinza-claro, enquanto outro alvo com baixa reflectância nessa mesma banda será representado por tons cinza-escuro.

### **117 O que é Landsat?**

O termo Landsat refere-se ao programa de satélites de monitoramento de recursos terrestres criado pela *National Aeronautics and Space Administration* (Nasa) em 1967, com o nome original de *Earth Resources Technology Satellite* (ERTS), depois rebatizado como Landsat. Esse programa lançou oito satélites desde 1972; destes, sete entraram em operação. O lançamento mais recente ocorreu em 2013, o Landsat 8, com os sensores *Operational Land Imager* (OLI) e *Thermal Infrared Sensor* (TIRS). O OLI opera em nove bandas espectrais: quatro bandas na faixa do visível, quatro bandas na faixa do infravermelho até 2,29 micrômetros, todas com resolução espacial de 30 m, e uma banda pancromática na faixa do visível, com resolução espacial de 15 m. O TIRS opera em duas bandas espectrais na faixa do infravermelho termal, ambas com resolução espacial de 100 m.

### **118 Quais os principais sensores instalados nos satélites da série Landsat?**

Além dos sensores OLI e do TIRS instalados no Landsat 8 (ver resposta da pergunta anterior), a série Landsat contou com o sensor *Thematic Mapper* (TM) amplamente utilizado na observação da Terra nos últimos anos. A primeira versão desse sensor foi instalada

no Landsat 4 e operou de julho de 1982 a dezembro de 1993; a segunda versão foi instalada no Landsat 5 e operou de março de 1984 a novembro de 2012.

O TM operava em 3 bandas na faixa do visível e em três bandas na faixa do infravermelho (de 0,76  $\mu\text{m}$  a 2,35  $\mu\text{m}$ ) todas com 30 m de resolução espacial. Operava também no infravermelho termal com uma banda de 120 m de resolução espacial. O Landsat 7 contava com o sensor ETM+, semelhante ao TM, mas com o acréscimo de uma banda pancromática abrangendo o visível e o infravermelho próximo (0,52  $\mu\text{m}$  a 0,90  $\mu\text{m}$ ) com resolução espacial de 15 m, além da alteração da resolução espacial da banda termal para 60 m. Outro sensor da série foi o *Multispectral Scanner System* (MSS) presentes no Landsat 1 ao Landsat 5 com duas bandas no visível e duas no infravermelho (de 0,5  $\mu\text{m}$  a 1,1  $\mu\text{m}$ ), fornecendo imagens com pixel de 57 m X 79 m, resolução radiométrica de 6 bits (Landsat 1 a 3) e 8 bits (Landsat 4 e 5).

119

### **Além do Landsat, quais outros satélites possuem sensores usados na observação da Terra e quais suas características principais?**

Entre os satélites usados na observação da Terra destacam-se:

**O Spot** – Série de satélites com sensores nas faixas do visível e infravermelho, adquirem imagens multiespectrais e pancromáticas com resolução espacial variando de 1,5 m a 20 m.

**OCBERS** – Satélites sino-brasileiros, atualmente desativados, cujos sensores principais forneciam imagens multiespectrais nas faixas do visível e infravermelho próximo (IVP) com resolução espacial de 20 m.

**Os satélites Ikonos, QuickBird, WorldView, GeoEye** – Com sensores de alta resolução espacial (entre 41 cm e 4 m) pertencentes a iniciativa privada, com venda regular de imagens pancromáticas e multiespectrais na faixa do IVP e do visível.

**O RapidEye** – Constelação de satélites que fornecem imagens multiespectrais no visível e IVP com resolução espacial de até 5m e resolução temporal de até 24 horas.

**Os satélites Aqua e Terra com os sensores MODIS e ASTER** – O sensor ASTER opera em 15 bandas distribuídas entre 0,52  $\mu\text{m}$  e 11,65  $\mu\text{m}$ , com imagens de resolução espacial entre 15 m e 90 m. conforme a faixa do espectro de aquisição. O sensor MODIS opera em 36 bandas espectrais distribuídas entre 0,4 $\mu\text{m}$  e 14,4  $\mu\text{m}$ , com imagens de resolução temporal de 1 a 2 dias e resolução espacial variando de 250 m a 1000 m conforme a faixa do espectro de aquisição, imagens usadas tanto no monitoramento da superfície terrestre como em estudos sobre as interações entre atmosfera, os oceanos e a as áreas continentais. Todos os satélites citados têm como principal objetivo o imageamento de alvos na superfície terrestre. Há também satélites dedicados à coleta de dados da atmosfera, como os do programa: GOES (*Geostationary Operational Environmental Satellite*), coordenado pela NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) e TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*), coordenados conjuntamente pela Nasa e pela Agência Espacial Japonesa (Jaxa).

**120** Quais as principais aplicações de sensoriamento remoto na agricultura?



O sensoriamento remoto é usado na estimativa de áreas plantadas, na identificação das culturas plantadas e no monitoramento da expansão e da alteração de uso das áreas agrícolas. A associação de informações sobre áreas plantadas e dados de chuva e temperatura como os fornecidos pelos sensores TRMM e MODIS pode auxiliar na previsão de safras

em nível nacional, visto que a deficiência hídrica é um fator fundamental para determinação da produtividade agrícola. Sensores hiperespectrais de última geração associados ao uso de espectrorradiômetros auxiliam no mapeamento de espécies e variedades cultivadas, na estimativa de produtividade das culturas e na determinação das condições fitossanitárias relacionadas a pragas e doenças. Na agricultura de precisão, o sensoriamento remoto pode auxiliar na detecção de áreas de lavouras com deficiência nutricional, ataques de pragas e doenças, baixa produtividade, baixo crescimento, etc. Isso possibilita que essas áreas recebam um tratamento diferenciado do restante da lavoura, como a aplicação localizada de adubos e defensivos, o que aumenta a eficiência e reduz os custos e os impactos ambientais.

121

### Quais as principais aplicações de sensoriamento remoto em outras áreas?

O sensoriamento remoto é também aplicado nas seguintes áreas:

**Área florestal e ambiental** - No monitoramento de desmatamentos e de alterações no uso e cobertura das terras, na identificação de áreas de preservação permanente, no suporte a inventários de florestas naturais e plantadas, no monitoramento de desastres ambientais (enchentes, erosão, deslizamentos de terras, etc.) e no suporte aos estudos de Impactos Ambientais.

**Área dos recursos hídricos** - No monitoramento de mananciais e de corpos hídricos superficiais.

**Áreas de Geologia** – No mapeamento geológico básico e em aplicações voltadas à pesquisa mineral.

**Urbanismo** – No planejamento urbano, no monitoramento da expansão urbana e no suporte aos planos diretores municipais.

**Cartografia** – Na elaboração e atualização de mapas topográficos, do meio físico-biótico e de infraestrutura viária.

**Infraestrutura e logística** – Mapeamento de linhas elétricas, comunicação, redes viárias, óleo e gás.

122

**Como funcionam os sistemas de varredura a laser (LiDAR) usados em sensoriamento remoto?**

A principal tecnologia ligada ao uso de laser em Sensoriamento Remoto é a dos sistemas de varredura a laser embarcado, também conhecido como LiDAR (*Light Detection And Ranging*). Os sistemas LiDAR usados em sensoriamento remoto normalmente são montados em plataformas aéreas. O LiDAR é um sensor ativo, emite energia na forma de pulsos de laser com elevada frequência de repetição em direção ao alvo, enquanto se move pela rota de levantamento junto com o veículo aéreo que o transporta. Geralmente, os sistemas comerciais de LiDAR emitem pulsos de laser no comprimento de onda de 1064 nm, na região do infravermelho próximo. Ao atingir o alvo, o laser é refletido e retorna ao sistema, onde é detectado e analisado pelos receptores do sensor. O tempo decorrido entre a emissão do feixe e o registro do retorno é usado para calcular a distância entre o sensor e o objeto, considerando que o laser se propaga à velocidade da luz. As medidas de distâncias passam a ter uma referência espacial quando combinadas com a informação posicional do sensor registrada por GPS e por informações do sistema inercial de navegação.

123

**Quais as principais aplicações dos dados adquiridos por um sistema de varredura a laser (LiDAR)?**

Dados adquiridos por LiDAR são usados frequentemente na construção de modelos digitais da superfície e de terreno. O sistema LiDAR adquire uma nuvem de pontos georreferenciados associados à distância entre o sensor e os alvos localizados na superfície terrestre (ver pergunta anterior). Pelo processamento dessa nuvem de pontos é possível obter-se um modelo digital da superfície, o qual incorpora

aos dados de altitude a altura de todas as feições situadas acima da superfície do terreno como árvores, prédios, torres, etc.

Pode-se também classificar os pontos quanto a sua distância do sensor, separando-os em pontos relacionados à vegetação, ao solo, a edificações, etc.. No caso do feixe de laser atingir o terreno, pode-se derivar o modelo digital de terreno, com dados de altimetria extremamente precisos, que podem ser usados na elaboração de cartas topográficas, na ortorretificação de imagens aéreas ou orbitais e em projetos de engenharia. A tecnologia LiDAR é bastante empregada em estudos florestais. O laser, ao penetrar pelas aberturas do dossel da floresta, possibilita obter estimativas da estrutura destas e mapear o terreno sob as árvores. A intensidade do sinal de retorno do laser também pode ser usada para a obtenção de informação sobre a superfície terrestre. Essa intensidade depende da reflectância do alvo para o comprimento de onda do laser. Se alvos diferentes tiverem diferentes reflectâncias poderão ser diferenciados em uma imagem formada a partir dos dados pontuais de intensidade registrados.

#### **124 O LiDAR pode ser usado em levantamentos batimétricos?**

Sim. O LiDAR para levantamento batimétrico é instalado em aeronaves e envia à superfície pulsos de laser com comprimentos de onda de 1064 nm e 532 nm. A maior parte dos pulsos de 1064 nm, na região do infravermelho próximo, é absorvida pela água, mas certa quantidade é refletida pela superfície. Os pulsos de 532 nm, na faixa espectral do verde, penetram na água, parte deles é absorvida por esse líquido, mas uma quantidade suficiente chega ao fundo do corpo d' água e é refletida. Pelos tempos de retorno de ambos os sinais e pela velocidade da luz pode-se calcular a espessura da lâmina d' água e a profundidade do corpo d' água. Com uma nuvem de pontos, proveniente da varredura da área que se deseja levantar, pode-se construir um modelo digital batimétrico. A turbidez da água é um fator limitante no uso eficiente do LiDAR para levantamentos batimétricos.