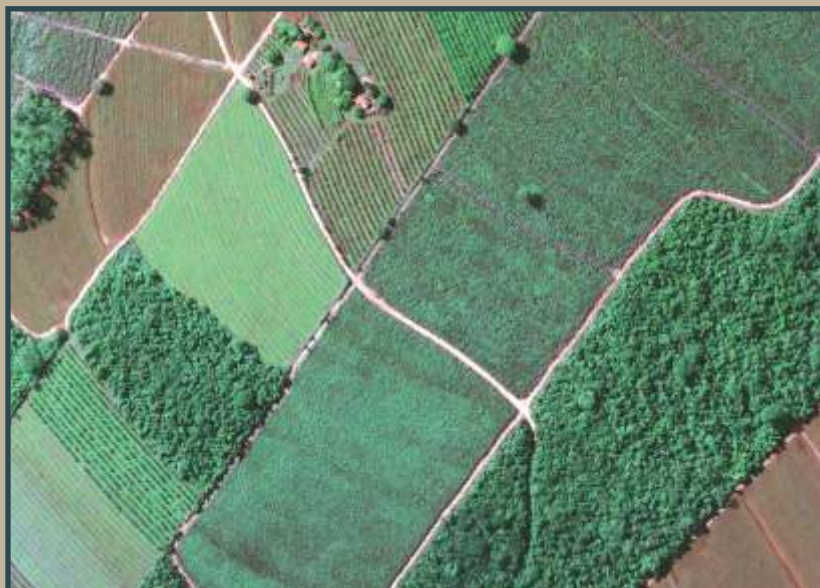


Coleção 500 Perguntas 500 Respostas

# GEOTECNOLOGIAS E GEOINFORMAÇÃO



O produtor pergunta, a Embrapa responde

**Coleção ♦ 500 Perguntas ♦ 500 Respostas**



**GEOTECNOLOGIAS  
É GEOINFORMAÇÃO**

*O produtor pergunta, a Embrapa responde*

**Embrapa**



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Monitoramento por Satélite  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*



# **GEOTECNOLOGIAS E GEOINFORMAÇÃO**

***O produtor pergunta, a Embrapa responde***

*Sérgio Gomes Tôsto  
Cristina Aparecida Gonçalves Rodrigues  
Édson Luis Bolfe  
Mateus Batistella*  
Editores Técnicos

**Embrapa**  
*Brasília, DF*  
2014

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Monitoramento por Satélite**

Av. Soldado Passarinho, n.º 303,  
Fazenda Jardim Chapadão  
13070-115 Campinas, SP  
Fone: (19) 3211-6200  
Fax: (19) 3211-6222  
www.cnpm.embrapa.br  
cpnm.sac@embrapa.br

**Unidade responsável pelo conteúdo**

Embrapa Monitoramento por Satélite

Comitê de Publicações

Presidente

*Cristina Criscuolo*

Secretária-executiva

*Bibiana Teixeira de Almeida*

Membros

*Daniel Gomes dos Santos*

*Wendriener Loebmann*

*Fabio Enrique Torresan*

*Janice Freitas Leivas*

*Ricardo Guimarães Andrade*

*Shirley Soares da Silva*

*Vera Viana dos Santos Brandão*

**Embrapa Informação Tecnológica**

Parque Estação Biológica (PqEB)  
Av. W3 Norte (final)  
CEP 70770-901 Brasília, DF  
Fone: (61) 3448-4236  
Fax: (61) 3448-2494  
www.embrapa.br/livraria  
livraria@embrapa.br

**Unidade responsável pela edição**

Embrapa Informação Tecnológica

Coordenação editorial

*Selma Lúcia Lira Beltrão*

*Lucilene Maria de Andrade*

*Nilda Maria da Cunha Sette*

Supervisão editorial

*Erika do Carmo Lima Ferreira*

Revisão de texto

*Francisco C. Martins*

Normalização bibliográfica

*Celina Tomaz de Carvalho*

Projeto gráfico da coleção

*Mayara Rosa Carneiro*

Editoração eletrônica

*Júlio César da Silva Delfino*

Arte-final da capa

*Júlio César da Silva Delfino*

Ilustrações do texto

*Ana Lucia Szerman*

Foto da capa

*SIB-Space Imaging do Brasil Produtos e Representações S.A. (imagem captada pelo satélite GeoEye, em 2012, Itajobi, SP)*

**1ª edição**

1ª impressão (2014): 1.000 exemplares

2ª impressão (2014): 500 exemplares

**Todos os direitos reservados**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Informação Tecnológica

Geotecnologias e Geoinformação : o produtor pergunta, a Embrapa responde / editores técnicos, Sérgio Gomes Tôsto ... [et al.]. – Brasília, DF : Embrapa, 2014.

248 p. : il. – (Coleção 500 Perguntas, 500 Respostas).

ISBN 978-85-7035-321-4

1. Mudança climática. 2. Sensoriamento remoto. 3. Zoneamento agrícola. 4. Zoneamento climático. I. Tôsto, Sérgio Gomes. II. Rodrigues, Cristina Aparecida Gonçalves. III. Bolfe, Édson Luis. IV. Batistella, Mateus. V. Embrapa Monitoramento por Satélite. VI. Coleção.

CDD 621.3678

© Embrapa 2014

# Autores

## **André Luiz dos Santos Furtado**

Biólogo, doutor em Ecologia, pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP  
andre.furtado@embrapa.br

## **Antônio Heriberto de Castro Teixeira**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciências Ambientais, pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP  
heriberto.teixeira@embrapa.br

## **Bianca Pedroni de Oliveira**

Engenheira-agrimensora, mestre em Ciências Cartográficas, analista da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP  
bianca.oliveira@embrapa.br

## **Carlos Cesar Ronquim**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ecologia e Recursos Naturais, pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP  
carlos.ronquim@embrapa.br

## **Carlos Fernando Quartaroli**

Engenheiro-agrônomo, mestre em Agronomia, pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP  
carlos.quartaroli@embrapa.br

## **Célia Regina Grego**

Engenheira-agrônoma, doutora em Agricultura, pesquisadora da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP  
celia.grego@embrapa.br

## **Celina Maki Takemura**

Bacharel em Ciência da Computação, doutora em Ciência da Computação, pesquisadora da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP  
celina.takemura@embrapa.br

## **Claudio Bragantini**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fisiologia de Sementes, pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP  
claudio.bragantini@embrapa.br

## **Cristina Aparecida Gonçalves Rodrigues**

Zootecnista, doutora em Biologia Vegetal, pesquisadora da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP  
cristina.rodrigues@embrapa.br

**Cristina Criscuolo**

Geógrafa, mestre em Ciências da Engenharia Ambiental, pesquisadora da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP  
cristina.criscuolo@embrapa.br

**Daniel de Castro Victoria**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciências, pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP  
daniel.victoria@embrapa.br

**Daniel Gomes**

Geógrafo, mestre em Geografia, analista da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP  
daniel.gomes@embrapa.br

**Davi de Oliveira Custódio**

Analista de Sistemas, especialista em Análise de Sistemas, analista da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP.  
davi.custodio@embrapa.br

**Debora Pignatari Drucker**

Engenheira-florestal, doutora em Ambiente e Sociedade, analista da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP  
debora.drucker@embrapa.br

**Edlene Aparecida Monteiro Garçon**

Geógrafa, analista da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP  
edlene.garçon@embrapa.br

**Édson Luis Bolfe**

Engenheiro-florestal, doutor em Geografia, pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP  
edson.bolfe@embrapa.br

**Fabio Enrique Torresan**

Ecólogo, doutor em Ecologia e Recursos Naturais, pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP.  
fabio.torresan@embrapa.br

**Gustavo Bayma Silva**

Geógrafo, mestre em Sensoriamento Remoto, analista da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP  
gustavo.bayma@embrapa.br

**Ivan André Alvarez**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, pesquisador

da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP  
ivan.alvarez@embrapa.br

**Janice Freitas Leivas**

Meteorologista, doutora em Agrometeorologia, pesquisadora  
da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP  
janice.freitas@embrapa.br

**Luciana Spinelli de Araújo**

Engenheira-florestal, doutora em Ecologia Aplicada, pesquisadora  
da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP  
luciana.spinelli@embrapa.br

**Luiz Eduardo Vicente**

Geógrafo, doutor em Geografia, pesquisador da Embrapa  
Monitoramento por Satélite, Campinas, SP  
luiz.vicente@embrapa.br

**Mateus Batistella**

Biólogo, doutor em Ciências Ambientais, pesquisador  
da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP  
mateus.batistella@embrapa.br

**Ricardo Guimarães Andrade**

Engenheiro-agrícola, doutor em Meteorologia Agrícola, pesquisador  
da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP  
ricardo.andrade@embrapa.br

**Sandra Furlan Nogueira**

Engenheira-agrônoma, doutora em Química na Agricultura e no Ambiente,  
pesquisadora da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP  
sandra.furlan@embrapa.br

**Sérgio Galdino**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Engenharia Agrícola, pesquisador  
da Embrapa Pantanal, Corumbá, MS; pesquisador visitante da  
Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP  
sergio.galdino@embrapa.br

**Sérgio Gomes Tôsto**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Desenvolvimento, Espaço e Meio Ambiente,  
pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP  
sergio.tosto@embrapa.br





# Apresentação

Geotecnologias e geoinformação são essenciais para monitorar a agricultura no Brasil. Criada há 25 anos, a Embrapa Monitoramento por Satélite tem a missão de viabilizar soluções de pesquisa, desenvolvimento e inovações geoespaciais, gerando o conhecimento necessário para apoiar processos de tomada de decisão e elaborar políticas públicas para o setor agropecuário.

Zoneamentos, mapeamentos e monitoramentos do uso e cobertura da terra, além de indicadores de sustentabilidade e competitividade, são alguns dos produtos desenvolvidos, voltados para a agricultura, pecuária, florestas e meio ambiente. As geotecnologias apoiam, por exemplo, a identificação de áreas de expansão da fronteira agrícola ou intensificação da atividade produtiva, a detecção de áreas afetadas por eventos climáticos extremos e a espacialização de processos de degradação das pastagens e fitossanidade das culturas.

O avanço das tecnologias da informação, o número crescente de satélites e sensores e a ampliação da capacidade de processamento e armazenamento de dados e informações geoespaciais contribuíram para a popularização das geotecnologias. Dados de sensores remotos e os sistemas de informações geográficas – até há pouco tempo de uso exclusivo de técnicos e pesquisadores – hoje são ferramentas comuns. Globos virtuais e WebGIS, acessados facilmente pela internet – e sistemas de posicionamento global por satélite – deram ao cidadão a capacidade de identificar rotas, visualizar imagens de satélites e gerar mapas de maneira amigável.

Em 2012, a Embrapa criou o *Portfólio de Monitoramento da Dinâmica de Uso e Cobertura da Terra no Território Nacional*, reconhecendo as geotecnologias como tema de importância estratégica para a agricultura brasileira. Participam desse portfólio mais de 30 centros de pesquisa da Empresa, evidenciando o caráter transversal e multidisciplinar das geotecnologias.

*Geotecnologias e Geoinformação* é o mais recente título da *Coleção 500 perguntas 500 respostas*. Concebido em parceria com a Embrapa Informação Tecnológica, contribui para ampliar e disseminar o conhecimento geoespacial, particularmente para os agentes ligados ao setor agropecuário brasileiro.

*Mateus Batistella*  
Chefe-Geral da  
Embrapa Monitoramento por Satélite

# Sumário

	Introdução.....	13
<b>1</b>	Satélites e Produtos .....	15
<b>2</b>	Panorama Atual .....	35
<b>3</b>	Tendências Mundiais .....	49
<b>4</b>	Sensoriamento Remoto .....	61
<b>5</b>	Processamento de Imagens Digitais e Gestão da Informação .....	81
<b>6</b>	Geoprocessamento .....	93
<b>7</b>	Agrometeorologia .....	107
<b>8</b>	Hidrologia .....	119
<b>9</b>	Agricultura.....	135
<b>10</b>	Pecuária.....	149
<b>11</b>	Silvicultura.....	171
<b>12</b>	Adequação Ambiental Rural .....	187
<b>13</b>	Mudanças Climáticas e Modelagem Ambiental .....	205
<b>14</b>	Ordenamento Territorial e Zoneamento.....	215
<b>15</b>	Educação e Transferência de Tecnologia.....	233



# Introdução

O perfil dos usuários de geotecnologias e de geoinformação sofreu profundas mudanças em função de aspectos tecnológicos, mercadológicos, ambientais e agrícolas. Para atender à crescente demanda dos diversos setores da sociedade, os editores decidiram publicar este título da *Coleção 500 Perguntas 500 Respostas*.

Para sua elaboração, o Grupo de Pesquisas e Inovações Espaciais da Embrapa Monitoramento por Satélite resgatou questões dirigidas ao Serviço de Atendimento ao Cidadão (SAC), assim como temas levantados em centenas de palestras, cursos, dias de campo, seminários e congressos, formulando respostas com clareza, concisão e objetividade. Por tratar-se de um tema tecnológico, em muitos casos as respostas abordam questões mais conceituais, mas sempre com a finalidade de esclarecer as dúvidas de agricultores, estudantes, técnicos e pesquisadores sobre os diferentes aspectos das geotecnologias e suas aplicações.

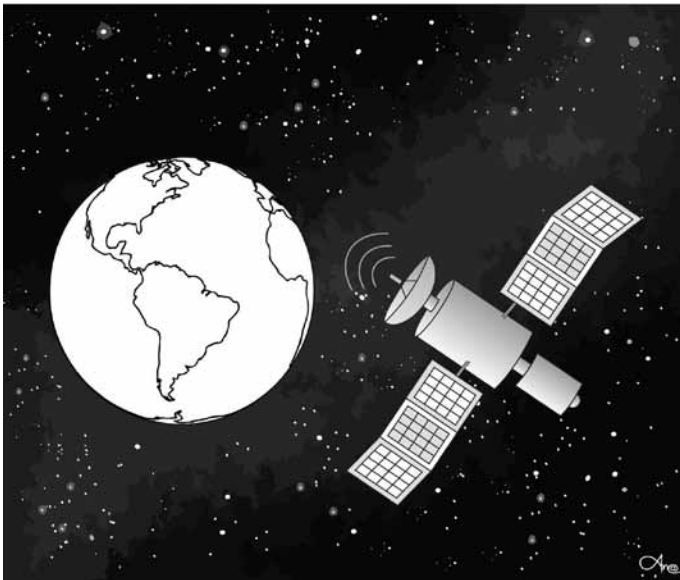
Este volume é organizado por temas, para que o leitor tenha acesso ao histórico dos satélites e produtos, panorama atual, tendências mundiais, conceitos básicos de sensoriamento remoto, processamento de imagens, gestão da informação e geoprocessamento. Aplicações das geotecnologias e da geoinformação foram apresentadas de forma didática sobre questões de agrometeorologia, hidrologia, agricultura, pecuária, silvicultura, adequação ambiental rural, mudanças climáticas e modelagem ambiental, ordenamento territorial e zoneamentos, educação e transferência de tecnologias.

Por meio do tecido das geotecnologias e da geoinformação, este livro contribui com a agricultura brasileira e promove a interação de diversos segmentos e cadeias produtivas.



# 1

## Satélites e Produtos<sup>1</sup>



*André Luiz dos Santos Furtado  
Cristina Aparecida Gonçalves Rodrigues  
Sérgio Gomes Tôsto*

---

<sup>1</sup> Colaborou na elaboração deste capítulo, Bibiana Teixeira de Almeida, analista da Embrapa Monitoramento por Satélite.



## 1 O que é um satélite artificial?

É um equipamento produzido por humanos, o qual segue a órbita de um planeta ou corpo celeste. Esse satélite é posicionado no espaço, com auxílio de um foguete. Existem diversos tipos de satélites artificiais em órbitas do planeta Terra e equipados com diferentes tipos de sensores e câmeras que registram informações da superfície terrestre. Há satélites com objetivos específicos, como os destinados à comunicação e aos recursos naturais. Outros possuem somente aplicação militar e existem os dedicados ao posicionamento espacial.

## 2 Como se classificam os satélites artificiais?

Podem ser classificados de acordo com a trajetória orbital (geossíncrona e polar) e altitude (baixa, média e alta), com o tipo sensor instalado (passivo ou ativo), de acordo com seu propósito ou aplicação (meteorologia, comunicação, navegação, salvamento e emergência, militar, observação da Terra) ou com base na resolução dos sensores embarcados (espacial, radiométrica, temporal e espectral).

## 3 Por que a Lua é chamada de satélite natural do planeta Terra?

Por não ter sido produzida por humanos e por apresentar uma órbita sincronizada com a órbita desse planeta. Ela possui uma massa de  $7,3 \times 10^{22}$  kg e um volume de  $2,2 \times 10^{10}$  km<sup>3</sup>. Sua gravidade é 6 vezes menor que a observada na Terra.

## 4 Existem satélites orbitando outros planetas ou fora da órbita terrestre?

Sim. Todo objeto (natural ou artificial) que orbita um planeta ou estrela – é considerado um satélite. A Lua, por exemplo, é um satélite natural do planeta Terra. Por sua vez, a Terra é um satélite do Sol. Titã, uma lua do planeta Saturno, e Ganímedes uma lua de

Júpiter, também são exemplos de satélites naturais. Assim, na nossa galáxia, a Via Láctea, existem milhares de satélites naturais fora da órbita terrestre.

Um exemplo de satélite artificial que não está na órbita da Terra, é o satélite *Maven* (*Mars Atmosphere and Volatile Evolution*), lançado pela Agência Espacial Norte-Americana (Nasa), em 18 de novembro de 2013 e que deverá chegar a seu destino, o planeta Marte, em setembro de 2014. Esse satélite irá percorrer uma órbita elíptica, variando de 150 km a 6.000 km de altitude. Pode-se destacar também o *Hubble*, transportado para o espaço na espaçonave *Discovery*, em 24 de abril de 1990 e que apesar de orbitar a Terra, é equipado com duas câmeras, dois espectrógrafos e um fotômetro. Contudo, ao contrário de outros satélites artificiais existentes na órbita da Terra, seus sensores estão direcionados para o espaço.

## 5 Quais os tipos de sensores encontrados nos satélites?

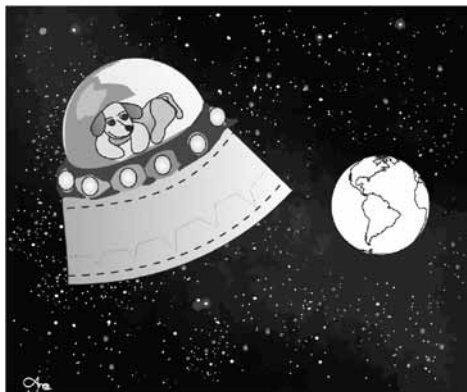
Sensores passivos e sensores ativos:

**Sensores passivos ou ópticos** – Dependem de uma fonte externa de emissão de radiação por não possuírem fonte própria. Eles registram a radiação emitida ou refletida por um objeto. Na maior parte das vezes, a fonte externa de energia é o sol. Portanto, as imagens captadas por esses satélites resultam da radiação solar refletida pela superfície da Terra em direção ao satélite.

**Sensores ativos** – Possuem uma fonte de energia capaz de emitir radiação em direção à superfície terrestre. Essa radiação emitida atinge os objetos, é refletida por eles e captada pelo sensor.

## 6 Qual foi o primeiro satélite artificial lançado ao espaço e quando?

Foi o *Sputnik*, lançado em 4 de outubro de 1957, pela União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS), de uma base no



Cazaquistão, durante a Guerra Fria. O Sputnik media aproximadamente 59 cm, uma massa de 83 kg e viajou a uma velocidade de 29 mil km/h a uma altitude de 900 km. Ele permaneceu em órbita por 6 meses. Como consequência, em 1958, os Estados Unidos elaboraram uma vigorosa agenda política e científica para implementar

ações concretas, entre elas a criação de uma agência espacial civil, a Agência Espacial Americana (Nasa), responsável pela condução do programa espacial daquele país. Outros quatro satélites da missão Sputnik foram lançados – Sputnik 2, 3, 4 e 5 – entre 1957 e 1960. Seis meses após o lançamento do Sputnik 1, os soviéticos também foram responsáveis por colocar o primeiro ser vivo no espaço, a cadela Laika, a bordo do Sputnik 2, satélite que pesava quase 500 kg.

## 7 Quando foi lançado o primeiro satélite tripulado?

Após o término do programa Sputnik, a União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) lançou ao espaço a primeira nave tripulada, a Vostok 1, na manhã do dia 12 de abril de 1961. A bordo estava o cosmonauta Iuri Alekseiévitch Gagarin. A Vostok 1 era totalmente automatizada, tinha 4,4 m de comprimento, 2,4 m de diâmetro e pesava 4 t. Ela permaneceu em órbita por quase 2 horas, a 315 km de altitude e velocidade de 28 mil km/h.

## 8 Quando foi lançado o primeiro satélite americano?

Em 31 de janeiro de 1958, a Agência Espacial Americana (Nasa) lançou seu primeiro satélite equipado com sensores, para medir a radiação (contador Geiger) em torno do planeta Terra, chamado

Explorer 1. O resultado dessa pesquisa possibilitou a descoberta do Cinturão de Van Allen. Com órbita elíptica e a 1.500 km de altitude, o Explorer 1 tinha 2 m de comprimento, 16 cm de diâmetro e pesava 14 kg. Esse satélite permaneceu em operação até 23 de maio de 1958 e entrou na atmosfera da Terra em 31 de março de 1970.

## 9 Como os satélites funcionam?

Geralmente, são equipados com painéis solares, responsáveis pela geração de energia. Esses painéis são formados por fotocélulas feitas por um material semicondutor, principalmente o silício, e capazes de converter a luz solar em corrente elétrica. Os satélites também possuem baterias recarregáveis que armazenam a energia gerada pelos painéis solares. Entretanto, os satélites de exploração utilizam como fonte de energia um gerador termoelétrico de radioisótopos. Nesse caso, o decaimento de um material radioativo (por exemplo, plutônio) gera calor, o qual é transformado em energia elétrica<sup>1</sup>.

Eles também carregam tanques de combustível contendo hidrazina, que é usada nos foguetes desde a Segunda Guerra Mundial. Além disso, esses satélites são dotados de antenas de comunicação, que enviam e recebem informações das bases na Terra. Dispõem também de diversos tipos de sensores, câmeras e instrumentos científicos monitorados por computadores e um sistema de navegação que controla sua órbita (velocidade e altitude).

## 10 Quais os tipos de órbitas dos satélites?

Existem dois tipos básicos de órbita, definidos em função da trajetória do satélite:

**Órbita geossíncrona** – O satélite move-se no sentido Oeste–Leste, acompanhando o movimento do planeta Terra,

---

<sup>1</sup> O primeiro satélite a adotar essa tecnologia foi o Transit 4A, lançado em 29 de junho de 1961. Apesar de ter sido substituído por equipamentos mais modernos, esse satélite continua transmitindo.

podendo ou não apresentar algum grau de inclinação em relação ao Equador. Assim, um observador pode visualizar o satélite na mesma posição, no mesmo horário do dia. Quando um satélite com órbita geossíncrona apresenta inclinação 0 (zero) em relação ao Equador e velocidade igual à da Terra, essa órbita é chamada de geoestacionária. Geralmente, os satélites de comunicação têm esse tipo de órbita.

**Órbita polar** – O satélite cruza perpendicularmente a Linha do Equador, seguindo o sentido Norte – Sul, percorrendo todo o Planeta.

Com relação à altitude, a órbita dos satélites pode ser classificada como baixa, média e alta. São considerados satélites de baixa órbita aqueles situados entre 180 km e 2.000 km. Esses são os satélites que apresentam maior velocidade e são capazes de realizar várias voltas em torno da Terra, num mesmo dia. A órbita média apresenta altitude entre 2.000 km e 35.780 km.

Os satélites que compõem os sistemas de posicionamento global por satélite são exemplos de satélites de órbita média, pois estão posicionados a 20.200 km de altitude. A alta órbita é superior a 35.780 km, muito adotada pelos satélites de comunicação.

11

### **Por que os satélites estão posicionados em diferentes altitudes?**

Geralmente, os satélites são distribuídos entre 180 km e 36.000 km de altitude, e sua órbita (posicionamento) varia de acordo com o propósito do satélite e a velocidade desejada. Assim, quanto mais próximo da Terra, maior é a velocidade de um satélite, resultado da força gravitacional. Como essa força é inversamente proporcional à distância, satélites posicionados em maiores altitudes apresentam menor velocidade, pois estão mais distantes da Terra e sofrem menor atração gravitacional. Portanto, a altitude de um satélite está relacionada à sua velocidade e vice-versa.

## 12 Quanto custa a fabricação e a manutenção de um satélite?

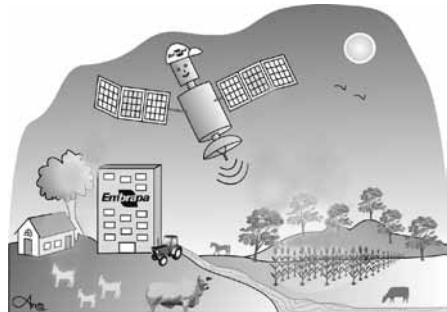
Definir se um satélite é caro ou não é relativo, pois depende do parâmetro de comparação. Entretanto, os satélites mais simples têm um custo estimado superior a 100 milhões de dólares. Por sua vez, outros podem ser consideravelmente mais caros, com valor aproximado superior a 1 bilhão de dólares. Além disso, deve-se considerar o custo envolvido nos sistemas de lançamento dos satélites e outros custos indiretos. Evidentemente, o custo de um satélite está diretamente relacionado:

- À função desse satélite.
- Aos materiais utilizados em sua construção.
- Aos equipamentos e sensores embarcados.
- À sua manutenção, além do local da base de lançamento, que também influencia o custo da missão.

O sistema NAVSTAR, por exemplo, teve um custo total aproximado entre 10 e 12 bilhões de dólares e um custo anual de manutenção de 400 milhões de dólares. Em 2004, a Agência Espacial Americana (Nasa) previu 5 anos de existência para o satélite *Hubble* e, somente com a manutenção de engenheiros, o custo estimado entre 2005 e 2009 foi de 457 milhões de dólares.

## 13 Com que finalidade a Embrapa usa satélites?

O principal foco das pesquisas da Embrapa é a agropecuária brasileira. As câmeras e sensores dos satélites recobrem extensas áreas com agilidade e rapidez, permitindo uma visão abrangente da agropecuária brasileira, um ponto bastante positivo num país com dimensão continental. As imagens obtidas pelos satélites da Embrapa são usadas:



- No diagnóstico e no monitoramento da produção agrícola.
- Na análise de uso e cobertura das terras.
- Em estudos do solo.
- Na irrigação.
- Na meteorologia, entre outros.

## 14 Quais satélites o Brasil tem em órbita?

O primeiro satélite brasileiro foi o SCD-1, lançado no nosso espaço aéreo em 9 de fevereiro de 1993, com 1 m de diâmetro e 1,45 m de altura. Ele pesa 115 kg e percorre uma órbita circular de 750 km de altitude. É equipado com baterias de níquel-cádmio recarregadas por painéis solares, formados por células de silício. O SCD-1 capta sinais de estações automáticas de coleta de dados ambientais distribuídas pelo Brasil, estimadas em mais de 750, e retransmite para a central de processamento. Os dados são usados na meteorologia, para prever o tempo ou para planejamento agrícola.

Em 1998, foi lançado o SCD-2. Ambos permanecem operando. Em junho de 1988, Brasil e China assinaram um acordo de cooperação, o Brasil representado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) e a China, pela Academia Chinesa de Tecnologia Espacial (Cast), para desenvolver um programa denominado *China-Brazil Earth Resources Satellite* (CBERS), satélite sino-brasileiro de recursos terrestres. Esse programa previu a construção de dois satélites de sensoriamento remoto (CBERS 1 e CBERS 2).

Em 14 de outubro de 1999, foi lançado o CBERS-1 e, em 21 de outubro de 2003, o CBERS-2, satélites similares contendo três câmeras:

- CCD – Câmera integradora de alta resolução.
- IRMSS – Imageador por varredura de média resolução.
- WFI – Câmera imageadora de amplo campo de visada.

Em 19 de setembro de 2007, foi lançado o CBERS-2B, satélite com alguns aprimoramentos em relação aos modelos 1 e 2, mas ele parou de operar em 2010.

Há outros dois satélites, em desenvolvimento, o CBERS 4 e o Amazônia 1 (SSR-1), voltados para pesquisas ambientais e com previsão de lançamento para 2015; além dos satélites da missão Sabia-Mar, desenvolvidos em cooperação com a Argentina, para estudos oceânicos e com lançamento previsto para 2018 e 2019, e do GPM-Brasil, para estudos meteorológicos, desenvolvido em parceria com os Estados Unidos. Além disso, o Brasil dispõe de satélites comerciais, como os da série Star One, que pertencem a empresas com capital aberto e ações negociadas na Bolsa de Valores do Estado de São Paulo (Bovespa).

Infelizmente, o lançamento do CBERS-3, ocorrido em dezembro de 2013, foi mal sucedido e o satélite não alcançou a órbita prevista, se desintegrando a seguir.

## **15 Quais as principais aplicações dos satélites, atualmente?**

No nosso cotidiano, os satélites são utilizados em diversas aplicações. Muitos são responsáveis pela retransmissão da programação dos sinais dos canais de televisão e outros na transmissão dos sinais dos telefones celulares.

Atualmente, um uso comum é o Sistema de Posicionamento Global (GNSS), conhecido popularmente como GPS, que permite nossa localização. Muitos desses sistemas têm função científica, voltados para investigações do clima e do meio ambiente da Terra, da agricultura e pecuária, e muitos têm aplicações militares. Existem, também, satélites cuja função é estudar, observar e monitorar distantes áreas do universo.

## **16 Quem controla os satélites brasileiros?**

É a Agência Espacial Brasileira (AEB), responsável por implementar, coordenar e supervisionar os projetos, as atividades e aplicações relacionadas a satélites.



**17**

## **Quais projetos sobre lançamentos de satélites existem no Brasil?**

Está previsto para 2015, o lançamento do CBERS 4 e do Amazônia 1 (SSR-1). Existe ainda a missão SABIA-MAR, com previsão de lançamento para 2018 e 2019, e o GPM-Brasil.

**18**

## **O Brasil tem parceiros para construir e lançar satélites?**

Sim. As parcerias são estabelecidas em conjunto com a Agência Espacial Brasileira (AEB), seguindo a Política Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais, instituída pelo Decreto nº 1.332 de 8 de dezembro de 1994 e o Programa Espacial Brasileiro. China (CBERS), Estados Unidos (GPM-Brasil) e Argentina (Sabia-Mar) são parceiros do Brasil na construção de satélites. Por sua vez, o Brasil também é parceiro da Ucrânia, na binacional Alcântara Cyclone Space, que fará o lançamento de satélites da base de Alcântara, no Maranhão, usando foguetes ucranianos como o Cyclone-4.

**19**

## **Onde e como se pode obter imagens produzidas por satélites?**

As imagens geradas por diferentes sistemas/países podem ser obtidas, gratuitamente, em plataformas via web ou adquiridas junto às empresas geradoras, conforme suas características e aplicações. Nesse caso, o usuário deve entrar em contato com um fornecedor.

A forma mais simples de localizar uma empresa fornecedora de imagens é buscando na internet, com a expressão “venda + imagem de satélite”. As imagens dos satélites Landsat 7 ou CBERS 1 e 2, entre outras, estão disponíveis no catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) e no Serviço Geológico Americano.

## 20 Quanto custam as informações produzidas por satélites?

Esta é uma pergunta é complexa, pois depende de diversas variáveis. Quando as empresas já possuem a imagem que o usuário deseja (produtos de catálogo), elas podem ter um custo menor. Caso seja necessário redirecionar o satélite para uma área, em uma data específica, há um aumento significativo no preço. A resolução espacial e a resolução espectral também afetam significativamente o preço da imagem.

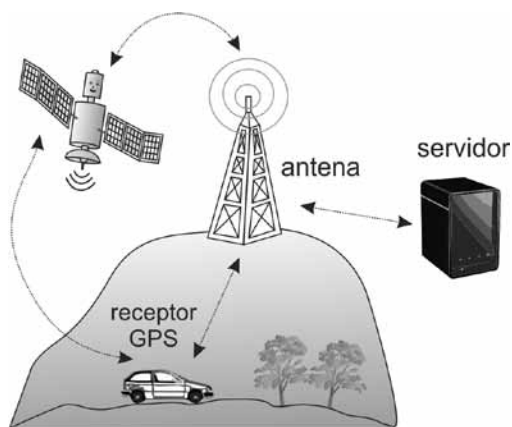
Geralmente, determina-se uma medida de área no momento em que é feito o orçamento, por exemplo, o quilômetro quadrado, mas as empresas normalmente comercializam uma área mínima, independentemente da área desejada pelo cliente. Assim, o usuário só saberá o custo real, se solicitar orçamentos das empresas.

Para se ter uma dimensão, uma imagem WorldView-2 com quatro bandas pode custar, considerando a área mínima de 25 km<sup>2</sup>, aproximadamente USD 1.300,00.

## 21 O que é GPS?

Na verdade, o nome mais correto de GPS é *Navigation System for Timing and Ranging* (NAVSTAR), mas esse sistema de navegação por satélite popularizou-se com a sigla GPS, de *Global Positioning System*. O NAVSTAR representa um

sistema de navegação por satélites dos Estados Unidos, o qual oferece serviços de posição, navegação e tempo, composto por uma rede de 31 satélites, dos quais 4 são satélites reserva. No mínimo, 27 satélites são operacionais ao mesmo tempo.



Todos os satélites estão distribuídos em uma configuração homogênea a uma órbita média da Terra (20.200 km). Sua história tem início no governo Nixon, no fim da década de 1960. Só em 1972, a Força Aérea Americana e a Marinha Americana iniciam a concepção do NAVSTAR. À época, seu objetivo principal era auxiliar os soldados, veículos, aviões e navios na determinação precisa de sua posição.

Somente em fevereiro de 1978, foi lançado o primeiro satélite e sua completa capacidade operacional foi atingida em abril de 1995. Em 1983, o NAVSTAR tornou-se disponível para uso civil e, em 1991, a comunidade internacional passou a ter acesso ao sistema, que é composto por três segmentos:

- Espacial, representado pelos satélites.
- Controle, que consiste de uma rede de estações terrestres de monitoramento as quais são responsáveis por rastrear e monitorar as transmissões, fazer análises e enviar comandos e dados para os satélites.
- Usuários.

## 22 Existem outros sistemas de navegação diferentes do GPS?

Sim. como por exemplo:

- O Galileo (sistema europeu).
- O GLONASS (sistema russo).
- O Compass ou BeiDou (sistema chinês).

O sistema Galileo opera em conjunto com o NAVSTAR e o GLONASS, com precisão estimada em menos de 1 m. Os dois primeiros satélites entraram em operação em outubro de 2011, e mais dois foram acrescentados um ano depois. Estima-se que a capacidade operacional inicial seja atingida em 2015. O Galileo, desenvolvido pela Agência Espacial Europeia (ESA), prevê 30 satélites em média órbita (23.222 km de altitude), sendo 27 operacionais e 3 reservas. Dois centros operacionais foram construídos na Europa e são responsáveis pelo controle dos satélites.

O sistema GLONASS é composto por 24 satélites operacionais e 3 reservas. Assim como o NAVSTAR, o objetivo inicial era a utilização por militares. Os primeiros testes de voo desse sistema foram feitos com o lançamento do satélite Kosmos-1413 em 1982. Em 1995, havia 24 satélites posicionados em órbita, em operação, a 25 km de altitude. Contudo, em 2001, somente 6 satélites estavam em operação, em decorrência de cortes orçamentários.

A partir de 2003, iniciou-se o processo de modernização do sistema GLONASS, com a substituição dos antigos satélites por modelos M. Em 2008, a constelação GLONASS contava com 18 satélites M. Em fevereiro de 2011, foi lançado o primeiro satélite GLONASS-K, dando continuidade ao processo de aperfeiçoamento e modernização do sistema. Os primeiros dois satélites experimentais do sistema BeiDou foram lançados em 2000, e, 3 anos depois, um novo satélite foi lançado. No fim de 2012, o sistema era composto por 14 satélites completamente operacionais.

O sistema possuirá 5 satélites geoestacionários e 30 não geoestacionários, com previsão de ser totalmente operacional em 2020. A previsão é que o sistema conte com mais de 30 satélites operando em média órbita, a 21.150 km. Ainda há o europeu European Geostationary Navigation Overlay (EGNOS), que funciona em conjunto com o Galileo, o NAVSTAR e o GLONASS, dedicado à navegação marítima e aérea, e o japonês Quasei-Zenith Satellite System (QZSS), que é composto por três satélites, o primeiro lançado em setembro de 2010. Além desses, também está em fase de implantação o *Indian Regional Navigation Satellite System (IRNSS)*, um sistema regional operado pelo governo indiano.

23

### **Os três sistemas de posicionamento (GPS, GLONASS e Galileo) são compatíveis entre si?**

Para os usuários, a existência de três sistemas, cada um com mais de 24 satélites operacionais, constitui uma ampla rede simultânea de satélites operacionais e resulta em alta disponibilidade contínua de sinal e elevado nível de cobertura. Contudo, é necessário que o equipamento receptor tenha suporte para os três sistemas.

Esses sistemas de navegação global por satélite utilizam diferentes satélites artificiais para definir a localização geográfica de uma pessoa ou objeto na superfície terrestre e pertencem a diferentes países ou organizações. O NAVSTAR e o GLONASS foram desenvolvidos inicialmente para aplicação militar e liberados posteriormente para uso civil por seus respectivos governos desenvolvedores. O NAVSTAR, por exemplo, só foi liberado para uso civil após 1983 e o GLONASS, em 1995. Apesar de apresentar alta acurácia, atualmente a qualidade do sinal do NAVSTAR depende da política norte-americana, e o mesmo pode ser dito com relação ao GLONASS. Por sua vez, o Galileo foi desenvolvido pela Agência Espacial Europeia e para aplicação civil. Ele tem interoperabilidade com os sistemas NAVSTAR e GLONASS.

#### **24 Atualmente, quantos satélites operacionais existem no mundo?**

É difícil ter uma estimativa precisa do número de satélites operacionais. Em setembro de 2013, existiam em torno de 1.100 satélites em operação na órbita da Terra, com aplicação comercial, civil ou militar. O *US Space Surveillance Network* estima que existam mais de 13 mil objetos maiores que 10 cm orbitando o planeta, muitos dos quais são detritos espaciais. Aproximadamente 2.500 são satélites, operacionais ou não, em órbitas variando entre 240 km e 36.200 km.

#### **25 Qual o tempo médio de funcionamento de um satélite?**

A vida útil (operacionalidade) de um satélite é relativa e depende de vários fatores, como fonte de energia ou aplicação.

Os primeiros satélites – lançados no fim da década de 1950 – permaneciam em operação por poucos meses, e muitos lançamentos não obtinham sucesso. O satélite Luna 10, por exemplo, foi lançado em 31 de março de 1966 e, em 30 de maio do mesmo ano, encerrou sua operação, em decorrência da baixa energia das baterias. Esse cenário mudou, significativamente, ainda na década de 1960.

Considerando que não haja nenhum problema durante o lançamento e durante a órbita, boa parcela dos atuais satélites tem vida útil estimada entre 10 e 15 anos. Contudo, há exceções como o satélite Landsat 5 foi lançado em 1984 e em junho de 2013 encerrou sua operação. A estimativa de operação do IRNSS -1A, satélite indiano, lançado em 1º de julho de 2013, é de 10 anos. Além disso, é preciso considerar que a operacionalidade de um satélite está diretamente relacionada à sua capacidade em manter sua trajetória e órbita e, para que isso ocorra, é necessário que haja energia e combustível suficientes.

## **26 O que é lixo espacial?**

São fragmentos de foguetes (estágios), pedaços grandes de satélites artificiais e outros objetos esquecidos no espaço. Estima-se que tenham sido lançados 6.600 satélites no espaço desde o Sputnik, e que 3.600 estejam em órbita. Entretanto, somente 1/3 destes são operacionais. Os satélites não operacionais correspondem ao principal componente do lixo orbital, mas há diversos objetos “flutuando” na órbita da Terra.

Um exemplo é a luva perdida por Neil Armstrong em 1966. Em fevereiro de 2009, ocorreu a primeira colisão acidental entre dois satélites artificiais, o Iridium 33 e o Kosmos-2251, e estima-se que mais de 2 mil fragmentos tenham sido deixados em órbita.

Em setembro de 2012, a *US Space Surveillance Network* estimou que mais de 23 mil objetos com tamanho superior a 5 cm permanecem em órbita próxima da Terra e, conforme previsão do *Inter-Agency Space Debris Coordination Committee* (IADC), esse número deverá crescer.

## **27 O que se faz com o lixo orbital oriundo dos satélites e veículos de lançamento?**

Para minimizar os riscos à população, vários foguetes atuais contam com um sistema de reentrada controlada, o que permite

direcioná-los para o oceano. Portanto, mesmo que parte de um foguete não se desintegre completamente, ela irá cair numa área desabitada. Alguns desses objetos são atraídos pela força gravitacional da Terra e acabam sendo destruídos na reentrada da atmosfera terrestre, sem serem percebidos, principalmente os menores.

As agências espaciais e os governos estão estabelecendo diretrizes e iniciativas para reduzir a quantidade de lixo espacial, levando em consideração as barreiras tecnológicas, econômicas, políticas e legais que ainda não foram superadas.

*Boa parcela do lixo espacial permanece orbitando a Terra. O satélite Vanguard 1, por exemplo, lançado em 17 de março de 1958, tornou-se inoperante em 1964, mas mantém sua órbita ao redor do nosso planeta, e é considerado o mais antigo lixo espacial. Objetos maiores também podem ser completamente destruídos na reentrada da atmosfera terrestre, como aconteceu com o satélite Cosmos 1484, lançado em julho 1983, pela União Soviética e que caiu em 28 de janeiro de 2013, próximo à região Leste dos Estados Unidos sem causar danos ou prejuízos e sem atingir o solo.*

*Caso similar ocorreu com o satélite Goce da Agência Espacial Europeia. Com uma massa um pouco superior a 1 t, o satélite lançado em 2009, em 11 de novembro de 2013, reentrou na atmosfera de forma não controlada, por falta de combustível, passando pela Sibéria, pelo Oceano Pacífico, pelo Oceano Índico e pela Antártica, e desintegrando-se sem causar danos. A estimativa é que de 100 t a 150 t de lixo espacial entrem na atmosfera terrestre anualmente. Os estágios dos veículos de lançamentos (foguetes) também são uma grande preocupação por sua elevada massa e por não apresentarem, em muitos casos, reentrada controlada.*

## 28 Os satélites se movimentam no espaço?

Sim. Esses satélites alcançam e gravitam na sua órbita, com o auxílio de foguetes. Para continuarem em órbita eles dependem de um sistema de propulsão alimentado por um combustível especial, a hidrazina. Isso permite aos operadores, na Central de Controle corrigir ou alterar a órbita de cada satélite. Esse combustível vem

sendo usado desde a Segunda Guerra Mundial, mas possui alto teor de toxicidade. Por isso, busca-se a substituição desse combustível por novas opções. Desde 2010, o satélite sueco Prisma utiliza o LMP-103S, com menor toxicidade e melhor desempenho. Por sua vez, os Estados Unidos também desenvolveram um novo produto, o AF-M315E. São duas opções de substituição da hidrazina, mas ainda estão em fase de testes.

## **29 É possível obter imagens de satélite de toda a Terra?**

Sim. Para que um satélite obtenha imagens de determinada área, é preciso que os sensores embarcados, passivos ou ativos, capturem imagens daquela área. Sensores ópticos passivos, por exemplo, dependem da luz do Sol para captar a energia emitida pelos objetos, o que pode restringir a captura de imagens. Os satélites percorrem órbitas com altitudes e sentidos diferentes. Os de órbita polar imageiam a Terra no sentido norte-sul, enquanto a Terra faz sua rotação, e podem obter imagens de toda a superfície terrestre.

Quando essa órbita é heliossíncrona (tipo especial de órbita polar), o satélite sempre passa sobre uma mesma área na mesma hora do dia. Nesse caso, é possível obter uma série temporal de imagens. No caso de satélites geoestacionários, ou seja, posicionados sobre o Equador – e com velocidade de órbita sincronizada com a velocidade da Terra – as imagens obtidas são sempre da mesma área. Assim, há o registro temporal só de uma área específica.

## **30 A quem pertencem as imagens ou produtos produzidos por um satélite?**

Pertencem às empresas ou instituições governamentais proprietárias ou detentoras desses satélites. Significativa parcela dos satélites que gravitam o espaço aéreo é comercial. Nesse caso, as empresas detentoras desses satélites têm fins lucrativos e vendem as imagens ou produtos para outras pessoas jurídicas ou físicas.



31

### **Pode-se publicar imagens de satélites em sites pessoais, em livro ou outro tipo de publicação?**

Possivelmente, sim. As imagens de satélites são protegidas por direitos autorais, como um livro, e só podem ser copiadas, reproduzidas ou vendidas com autorização do detentor desses direitos, normalmente a empresa ou instituição responsável pelo satélite. Assim, antes de publicar qualquer imagem de satélite, devem-se obter informações sobre as condições e políticas de uso dessas imagens<sup>2</sup>.

Muitas imagens são exploradas comercialmente pelas empresas e exigem algum tipo de licenciamento, com o propósito específico (remunerado ou não) para sua utilização, mas há imagens de satélites disponíveis gratuitamente (por exemplo, TERRA, Landsat, CBERS) e que podem ser publicadas desde que sejam obedecidos os critérios de citação da fonte.

32

### **Quais as principais diferenças tecnológicas entre os primeiros satélites e os atuais?**

A principal diferença entre os satélites produzidos no fim da década de 1960 (como o Sputnik e os atuais) está nos componentes eletrônicos dos equipamentos. Atualmente, os satélites ainda usam o mesmo combustível, a hidrazina, alguns utilizam um gerador termoelétrico de radioisótopos e muitos apresentam painéis solares e baterias para armazenar a energia produzida. É fato que a arquitetura, os tanques de combustíveis, as baterias, os painéis solares, a capacidade de processamento, os materiais e outros equipamentos foram aperfeiçoados significativamente. Ao mesmo tempo, o desempenho dos atuais satélites foi aprimorado. Equipamentos grandes, pesados e analógicos foram substituídos por sensores digitais, com menor massa e tamanho.

---

<sup>2</sup> No caso de imagens de satélite, o procedimento para citação da fonte é semelhante ao dispensado para mapas e outros documentos cartográficos similares.

### 33 O que é sensoriamento remoto?

É a ciência e a arte de coletar dados ou informações de um objeto a partir da energia refletida por esse objeto. Os satélites artificiais são exemplos de sensores remotos porque são capazes de captar a energia eletromagnética refletida ou emitida por objetos ou alvos presentes na Terra, por meio de seus sensores (passivos ou ativos).

Após interagir com a radiação eletromagnética incidente (radiância), alvos ou objetos (vegetação, recursos hídricos, edificações, áreas agrícolas, etc.) refletem essa radiação (irradiância) de forma diferente, e isso representa sua assinatura espectral. Os sensores dos satélites são capazes de identificar a radiação refletida por cada tipo de alvo ou objeto, ou seja, são capazes de reconhecer as assinaturas espectrais.

### 34 O que é sistema de informação geográfica (SIG)?

É um exemplo de geotecnologia e representa a união de hardware e de software capazes de armazenar, analisar e processar dados georreferenciados. Os SIGs podem conter arquivos digitais no formato *raster* (imagens de satélite e fotos aéreas) ou vetorial (pontos, linhas ou polígonos).

A análise das informações contidas num SIG permite que se elaborem mapas, gráficos, tabelas e relatórios que representam, digitalmente, a realidade do mundo real. O aspecto geográfico desse sistema significa que cada dado armazenado num banco de dados está associado com coordenadas em duas ou em três dimensões no espaço e se refere a uma determinada localização no globo terrestre.

Uma das vantagens de se usar um SIG é que ele pode trabalhar com imensas bases de dados e transformá-las em mapas, que serão analisados, individualmente, ou combinados com outros mapas e informações para gerar conhecimento estratégico.

São conjuntos de técnicas e métodos científicos aplicados à análise, à exploração, ao estudo e à conservação dos recursos naturais, considerando diferentes escalas e a informação espacial (localização geográfica). As geotecnologias também são usadas para estudar a paisagem (topografia, hidrografia, geologia e geomorfologia) e variáveis ambientais (temperatura, pluviosidade e radiação solar), analisar e auxiliar na prevenção de desastres naturais (enchentes, terremotos e erupções vulcânicas), além de gerenciar e de monitorar a atividade humana (infraestrutura, agropecuária e dados socioeconômicos).

Esse conjunto de técnicas é composto por hardware (satélites, câmeras, GPS, computadores) e software capaz de armazenar, manipular informações geográficas e processar imagens digitais.

# 2

## Panorama Atual



*Édson Luis Bolfe  
Daniel de Castro Victoria  
Mateus Batistella  
Davi de Oliveira Custódio  
Fabio Enrique Torresan*

### 36 Quais as tecnologias incluídas nas geotecnologias?

As geotecnologias incluem tecnologias de processamento e armazenamento de dados geoespaciais por meio dos seguintes sistemas:

- Sistemas de informações geográficas (SIG).
- Sistema de navegação global por satélite (GNSS).
- Sistemas de processamento de imagens (SPI).



### 37 Qual a importância dessas geotecnologias para o meio rural?

Essas geotecnologias são imprescindíveis para apoiar avanços na identificação, na qualificação, na quantificação e no monitoramento de áreas agrícolas e recursos naturais, possibilitando a geração de mapas e análises de informações geoespaciais de forma mais efetiva, rápida e precisa.

### 38 Atualmente, no Brasil, quais os principais desafios das geotecnologias no mapeamento e no monitoramento da agricultura e dos recursos naturais?

Dentre os desafios, destacam-se:

- As dimensões continentais do País.
- A elevada diversidade de biomas e de ecossistemas.
- Diferentes pacotes tecnológicos implementados.
- Agriculturas de pequena e de larga escala.
- Grande dinâmica espacial.
- A variabilidade temporal no uso e na cobertura das terras.

39

### **A Embrapa pode mapear toda a agricultura brasileira por imagens de satélite?**

A Embrapa realiza diversos mapeamentos da agricultura no Brasil por meio de imagens de satélite. Em 2012, foi instituído o *Portfólio de Monitoramento da Dinâmica de Uso e Cobertura da Terra no Território Nacional*, que congrega projetos das diferentes Unidades da Embrapa nesse tema. Dentre as linhas de pesquisa do referido portfólio, destaca-se a de dinâmica de uso e cobertura da terra, para mapear e monitorar interações espaço-temporais provocadas pelos processos de expansão, transição, intensificação e diversificação da produção agrícola do País.

Recentemente, um trabalho conduzido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) em parceria com a Embrapa Monitoramento por Satélite, mapeou a agricultura de larga escala de todo o Brasil referente aos anos/safra: 2002–2003, 2007–2008 e 2010–2011.

Os dados obtidos nesse mapeamento estão disponíveis no sistema Somabrazil (EMBRAPA MONITORAMENTO POR SATÉLITE, 2014).

40

### **O Brasil dispõe de satélites próprios para o mapeamento da agricultura e de recursos naturais?**

O Brasil dispõe do programa *China Brazil Earth Resources Satellite* (CBERS), em conjunto com a China, país que lançou e operou satélites de observação da Terra. Até o momento, foram lançados três satélites de observação (CBERS-1, CBERS-2 e CBERS-2b) que já foram usados em diversas aplicações, incluindo-se o mapeamento da agricultura e dos recursos naturais.

41

### **Como se obtém informações sobre os principais satélites de mapeamento da agricultura e dos recursos naturais?**

Para contribuir na disseminação de informações geoespaciais atualizadas, a Embrapa Monitoramento por Satélite organizou o website

*Satélites de Monitoramento*<sup>3</sup>, com os principais satélites e sistemas de sensores remotos usados em agricultura e em recursos naturais.

42

**No Brasil, onde se pode obter imagens de satélites, gratuitamente?**

No site do Banco de Imagens da DGI/INPE<sup>4</sup> é possível acessar um catálogo de imagens de satélite de todo o Brasil. Essas imagens correspondem aos satélites/sensores da série CBERS, Landsat, MODIS (Terra e Aqua) e *ResourceSat* de diferentes anos. Para isso, basta inserir as coordenadas geográficas da área ou o nome do município de interesse. Outra fonte de imagens de satélite gratuitas é o *EartExplorer*<sup>5</sup>, do Serviço Geológico Americano (USGS).

43

**Podem-se mapear duas safras agrícolas no mesmo ano e na mesma região?**

Para detectar a presença e o desenvolvimento das culturas agrícolas, a identificação de duas safras agrícolas exige que se obtenham imagens de satélites em períodos específicos do ano. Contudo, é importante que se tenha uma abordagem multitemporal. O uso de séries temporais de índices de vegetação permite identificar a presença de duas safras agrícolas ao detectar dois picos de crescimento vegetal no mesmo ano.

44

**É possível outros países mapearem a agricultura e os recursos naturais do Brasil, por meio de imagens de satélite? Em contrapartida, o Brasil também pode mapear a agricultura e os recursos naturais de outros países?**

As imagens de satélite recobrem todo o globo. Qualquer pessoa ou país pode obter e processar imagens de quaisquer localidades.

<sup>3</sup> Disponível em: <[www.sat.cnpm.embrapa.br/](http://www.sat.cnpm.embrapa.br/)>.

<sup>4</sup> Disponível em: <[www.dgi.inpe.br/CDSR/](http://www.dgi.inpe.br/CDSR/)>.

<sup>5</sup> Disponível em: <[www.earthexplorer.usgs.gov/](http://www.earthexplorer.usgs.gov/)>.

Portanto, um país pode estudar a área agrícola e os recursos naturais de outros países. Da mesma forma, o Brasil também pode mapear a agricultura e os recursos naturais de outros países.

45

### **Quais as metodologias que a Embrapa utiliza para mapear recursos naturais como florestas, solos e recursos hídricos?**

A Embrapa emprega diversos métodos para mapear recursos naturais, como florestas, solos e recursos hídricos. Entre esses métodos, pode-se citar o processamento digital de imagens como algoritmos de correção atmosférica, segmentação, classificação, entre outros. A Embrapa também atua no desenvolvimento de métodos como o uso de modelos para a estimativa de biomassa.

46

### **Quais os satélites/sensores que a Embrapa utiliza para mapear recursos naturais como florestas, solos e recursos hídricos?**

Para mapear esses recursos naturais, a Embrapa se vale de dados de diversos satélites/sensores. Dentre os satélites/sensores com dados gratuitos, destacam-se:

- O MODIS.
- O Landsat.
- O CBERS.
- O IRS.
- O Spot-Vegetation.

Além disso, também são empregados dados de satélites comerciais de alta resolução espacial e dados de sensores aerotransportados, como fotos aéreas e perfilamento a laser (LiDAR - *Light Detection and Ranging*).

47

### **É possível mapear biomassa e carbono de sistemas agrícolas?**

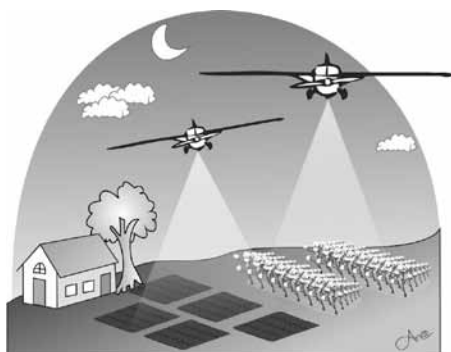
Existem técnicas para estimar a biomassa e o carbono em sistemas agrícolas. Algumas dessas técnicas correlacionam parâmetros espectrais com parâmetros biofísicos da cultura ou



sistema avaliado. Esses parâmetros estão diretamente ligados às características intrínsecas ao local de estudo. Outros métodos utilizam medidas de temperatura da superfície e de reflectância da cobertura vegetal, obtidas por sensoriamento remoto, juntamente com dados meteorológicos para modelar o balanço de energia e assim estimar a evapotranspiração das culturas agrícolas.

48

### E o mapeamento da biomassa/carbono de florestas também é possível?



As técnicas de sensoriamento remoto empregadas para estimar a biomassa e o carbono de florestas (nativas e exóticas e sistemas integrados, como sistemas agroflorestais), são semelhantes às empregadas para culturas agrícolas. A principal diferença está na obtenção dos parâmetros biofísicos da vegetação,

que na maioria dos casos é por quantificação indireta, ou seja, com base em processos não destrutivos e equações alométricas.

Outra técnica em evolução, usada para essas estimativas é o *Light Detection and Ranging* (LiDAR), sistema de varredura com um sensor aerotransportado, que obtêm informações precisas sobre a altura e a densidade das árvores as quais podem ser associadas a variáveis florestais como:

- Área basal.
- Diâmetro.
- Volume.
- Biomassa.
- Carbono.

49

### **Quais as metodologias que a Embrapa utiliza para mapear pastagens?**

Na Embrapa, o mapeamento das áreas de pastagens plantadas é feito a partir de métodos de processamento digital de imagens e classificação. Métodos para qualificar processo de degradação dessas pastagens. Diferentes combinações de métodos e satélites/sensores estão sendo testados, incluindo-se:

- Tratamento de séries temporais.
- Modelos de mistura espectral.
- Classificação por objetos.

50

### **Como é feito o mapeamento de sistemas de produção como o Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF)?**

O mapeamento de sistemas diversificados como iLPF e suas variações: integração lavoura-pecuária (agropastoril), lavoura-pecuária-floresta (agrossilvipastoril), pecuária-floresta (silvipastoril) e lavoura-floresta (silviagrícola ou agroflorestal) está em franco desenvolvimento metodológico. Nesse caso, o diferencial é o entendimento de sua dinâmica espacial e temporal. As geotecnologias têm potencial para caracterizar diferentes componentes vegetais das culturas agrícolas, pastagens e florestas consorciadas por meio de sensores remotos com distintas resoluções espectrais, temporais e espaciais.

51

### **Como as geotecnologias podem ser aplicadas no estudo e no monitoramento de animais?**

O uso de geotecnologias vem sendo cada vez mais usado como ferramenta para estudar e monitorar animais, tanto em ambientes naturais como em ambientes antropizados. Exemplos incluem:

- Uso de imagens de sensoriamento remoto para a seleção de locais de amostragem da fauna em campo.

- Análise da distribuição espacial de espécies em seu habitat ou o apoio ao rastreamento de bovinos em tempo real.

52

### **Como é feito esse monitoramento de animais em tempo real?**

Para monitorar animais em tempo real em ambientes naturais ou antropizados são usadas, principalmente, duas técnicas:

- A radiotelemetria.
- A telemetria por satélite.

53

### **O que é e como funciona a radiotelemetria?**

A radiotelemetria é uma técnica que vem sendo usada desde meados da década de 1950, para estudar e monitorar a distribuição espacial de várias espécies. Geralmente, essa técnica consiste em fixar no animal de interesse um transmissor que emite sinais de ondas de radio VHF que são captados por um receptor através de uma antena. Com esse aparato, é possível acompanhar o deslocamento e até mesmo monitorar sinais vitais e fisiológicos.

54

### **O que é e como funciona a telemetria por satélite?**

É uma técnica que vem sendo usada mais recentemente no estudo e monitoramento da distribuição espacial de animais. Essa técnica consiste em fixar um transmissor no animal de interesse. Os sinais recebidos por um sistema de posicionamento são transmitidos para um centro de recepção, informando a localização dos animais. Informações como frequência cardíaca, temperatura corporal, atividade e mortalidade, também podem ser monitorados.

55

### **Quem são os principais usuários das geotecnologias?**

Diversos segmentos da sociedade: instituições de pesquisa, ensino, desenvolvimento e extensão, vinculadas a organizações

públicas e privadas. Na esfera governamental (federal, estadual e municipal), os maiores usuários são ministérios, órgãos e agências reguladoras, empresas públicas, institutos e centros de pesquisa, prefeituras municipais e secretarias de Estado e de municípios. Outro segmento importante é representado pelas empresas e por profissionais liberais, além das associações, cooperativas, sindicatos, organizações não governamentais e bancos públicos e privados.

56

### **Como as geotecnologias podem contribuir para o ordenamento territorial brasileiro?**

Permitem retratar a dinâmica de uso da terra e a ocupação do território. A visão geoespacial sobre os recursos naturais e as atividades humanas pode apoiar a compreensão de processos como expansão, retração, transição e intensificação da agricultura.

57

### **E para amparar políticas públicas?**

As geotecnologias têm diversas aplicações em políticas públicas como:

- Zoneamento agrícola de risco climático.
- Zoneamento agroecológico.
- Zoneamento ecológico-econômico.
- Zoneamento ambiental.
- Definição e avaliação de indicadores espacialmente explícitos de sustentabilidade e de produtividade.

58

### **De que forma o produtor rural se beneficia diretamente com os produtos e serviços derivados das geotecnologias?**

Ele pode se beneficiar diretamente:

- Com a obtenção de crédito para o apoio nas atividades produtivas a partir de zoneamentos baseados em geotecnologias.

- Na otimização do uso de recursos naturais e de insumos, pela agricultura de precisão.
- Na delimitação de suas áreas e divisões internas, por meio de sistemas de posicionamento global por satélite.
- No manejo de culturas, pelo uso de mapas de solo e relevo.
- Na adequação ambiental, por meio do mapeamento e da espacialização da cobertura vegetal.

59

### **Como o produtor rural ou técnico agrícola pode ter acesso às informações dos zoneamentos de risco climático e como esse acesso é feito?**

O zoneamento agrícola de risco climático é um instrumento de política agrícola e gestão de riscos na agricultura brasileira. Esses estudos são elaborados para minimizar os riscos relacionados aos fenômenos climáticos e permite a cada município/agricultor identificar a melhor época de plantio das culturas, nos diferentes tipos de solo e ciclos de cultivares.

Essa técnica é de fácil entendimento e adoção pelos produtores rurais, agentes financeiros e demais usuários. Para sua execução, são analisados os parâmetros de clima, solo e de ciclos de cultivares, a partir de uma metodologia validada pela Embrapa e adotada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa). Como resultado, o usuário pode acessar uma relação de municípios indicados ao plantio de determinadas culturas, com seus respectivos calendários de plantio<sup>6</sup>.

60

### **Como funciona a certificação e o georreferenciamento de imóveis rurais?**

A certificação de imóveis rurais foi criada pela Lei Federal nº 10.267/01 (BRASIL, 2002b). Esse processo é feito, exclusivamente,

<sup>6</sup> Informações mais detalhadas estão disponíveis em: <[www.agricultura.gov.br/politica-agricola/zoneamento-agricola](http://www.agricultura.gov.br/politica-agricola/zoneamento-agricola)>.

pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (Incra), a partir de levantamentos de campo e da elaboração de plantas georreferenciadas do imóvel rural<sup>7</sup>.

Esse documento é exigido para toda alteração de área ou de seu(s) titular(es) em cartório (de acordo com os prazos estabelecidos no Decreto nº 5.570/05).

61

### **De que forma o agricultor pode utilizar geotecnologias para se adequar ao novo *Código Florestal Brasileiro*?**

O *Código Florestal Brasileiro* (BRASIL, 2012) vigente prevê a obrigatoriedade do proprietário rural em manter e/ou recompor áreas de reserva legal (RL) e áreas de preservação permanente (APP). Para isso, ele deve dispor:

- Da delimitação precisa do imóvel rural.
- Da identificação e do mapeamento da cobertura vegetal, do relevo e da hidrografia, pois as áreas e percentuais são alterados conforme a região e a condição do relevo/hidrografia.

As geotecnologias são imprescindíveis na identificação, na espacialização, na quantificação e no monitoramento das áreas de interesse para adequar a propriedade rural ao novo *Código Florestal Brasileiro* (BRASIL, 2012).

62

### **É possível obter, periodicamente, informações sobre atividades de mapeamento da agricultura e recursos naturais realizadas na Embrapa?**

Em 2012, a Embrapa lançou o sistema WebGIS que disponibiliza mapeamentos da agricultura e dos recursos naturais. Esse sistema é chamado Sistema de Observação e Monitoramento da Agricultura

---

<sup>7</sup> Maiores detalhes sobre as normas técnicas e procedimentos para georreferenciamento de imóveis rurais estão disponíveis em: <[www.incra.gov.br/index.php/estrutura-fundiaria/regularizacao-fundiaria/certificacao-de-imoveis-rurais](http://www.incra.gov.br/index.php/estrutura-fundiaria/regularizacao-fundiaria/certificacao-de-imoveis-rurais)>.

no Brasil (SOMABRASIL)<sup>8</sup>. Ele foi desenvolvido a partir do uso de tecnologias de sistemas de informação geográfica para a web como: Openlayers, Geoext, ExtJS e Geoserver, todas de uso livre (*freeware*) e conteúdo aberto (*open source*).

63

### **É possível acessar, pela internet, dados socioeconômicos de agricultura e de recursos naturais obtidos por meio de geotecnologias?**

No SOMABRASIL, já é possível analisar dados censitários do Instituto Nacional de Geografia e Estatística (IBGE), com mapas e dados disponíveis sobre diferentes temas:

- Político-administrativo (estados, mesorregiões, microrregiões, municípios).
- Articulação cartográfica (cartas topográficas).
- Das cenas de diferentes sensores remotos com acesso gratuito (CBERS, Resourcesat, MODIS, Landsat).
- Meio físico (relevo, hidrografia, divisão hidrográfica, otobacias, biomas, solos e potencial agrícola).
- Agricultura (mapeamento da área plantada e degradação de pastagens).
- Áreas protegidas (unidades de conservação de uso sustentável, proteção integral e terras indígenas).
- Logística (hidrovias, ferrovias e rodovias) e clima (temperatura mínima, média e máxima anual, precipitação anual, precipitação no quadrimestre mais seco e no quadrimestre mais chuvoso).

64

### **Como funcionam os geoserviços via web, como WMS, WFS e WCS?**

Os geoserviços são fornecidos por um *software* servidor responsável por responder a requisições espaciais solicitadas por um cliente pela rede. A resposta é feita em formato de arquivos XML,

<sup>8</sup> Disponível em: <[www.cnpm.embrapa.br/projetos/somabrasil](http://www.cnpm.embrapa.br/projetos/somabrasil)>.

encapsulados em *Simple Object Access Protocol* (SOAP), um padrão de comunicação especificado por Serviços Web (*Webservices*).

O conteúdo da resposta pode variar de acordo com o protocolo adotado:

- Protocolo WMS – Responde em forma de imagens permitindo apenas leitura.
- Protocolo WFS – Responde em forma de vetores, permitindo leitura e alteração.
- Protocolo WCS – Gera arquivos no formato raster permitindo também leitura e alteração.

Os clientes de geoserviços podem ser *software* de geoprocessamento livres ou adquiridos como Quantum GIS, ArcMap, Erdas e Envi ou simplesmente navegadores web acessando interfaces do tipo WebGIS.

65

### **Qual a importância desses serviços na interoperabilidade dos sistemas WebGIS?**

O uso de tecnologias e ferramentas – baseado em geoserviços padronizados mundialmente – é um fator importantíssimo para garantir comunicação, compartilhamento e reuso de dados e funções entre um sistema que está sendo desenvolvido e outros sistemas e programas de informação geográfica disponíveis no mercado.

Os padrões de geoserviços são especificados pelo *Open Geospatial Consortium* (OGC), organização não governamental responsável por definir padrões de interoperabilidade entre sistemas de informação geográfica.

## **Referências**

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras

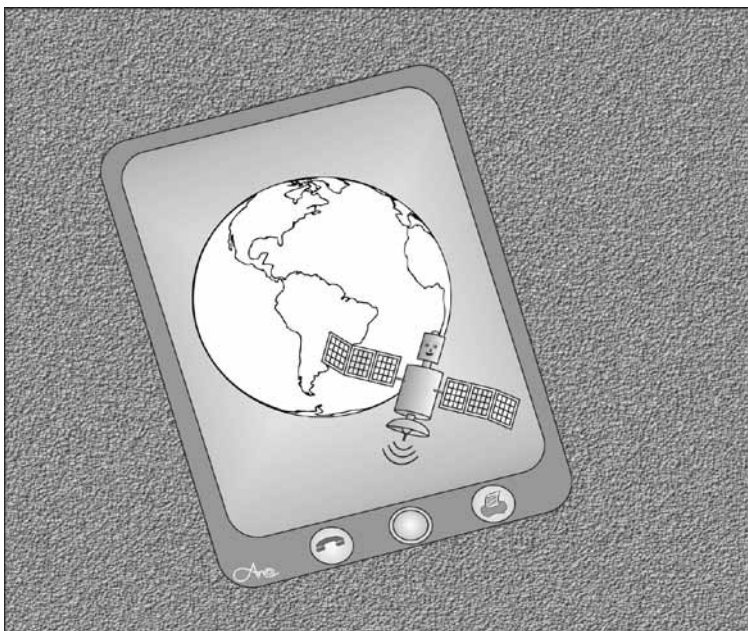


providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 28 maio 2012.

EMBRAPA MONITORAMENTO POR SATÉLITE. **Somabrazil**: Sistema de Observação e Monitoramento da Agricultura no Brasil. Disponível em: <<http://www.cnpm.embrapa.br/projetos/somabrazil/>>. Acesso em: 10 fev. 2014.

# 3

## Tendências Mundiais



*Sérgio Gomes Tôsto  
André Luiz dos Santos Furtado  
Cristina Aparecida Gonçalves Rodrigues  
Édson Luis Bolfe  
Mateus Batistella  
Daniel de Castro Victoria*

## 66 Qual é o cenário para as geotecnologias, no futuro?

Esse cenário deverá acompanhar o desenvolvimento de hardware e de software, pois o uso massivo das geotecnologias irá depender de sua capacidade de processamento. Pelo visto, é de se imaginar um cenário de ganho contínuo com:

- Redução de custos.
- Surgimento de novas aplicações móveis.
- Processos tecnológicos mais versáteis.
- Maior intercomunicação entre equipamentos.

Outro fator que influirá no cenário futuro é a expansão comercial, resultado do aumento da demanda de produtos e serviços. Por sua vez, por meio de dispositivos móveis, mais pessoas irão acessar sistemas de informações geográficas em atividades rotineiras, muitas vezes de forma imperceptível ao usuário.

Além disso, como em outros setores da economia mundial, deve acontecer uma reestruturação da indústria, resultado de fusões, estruturação regulatória e surgimento de novas aplicações, como o turismo espacial.



## 67 Há uma tendência para uso de satélites, nos próximos 20 anos?

Sim, há projetos e previsão de lançamento de satélites diferenciados:

- O Worldview 3, com 16 bandas, sensor superespectral.
- Projetos de satélites com maior resolução espacial e temporal.
- Satélites científicos com foco específico (no caso da agricultura, medição do teor de umidade do solo).
- Satélites com LiDAR, entre outros.

68

### **Qual o volume financeiro que a indústria de satélites movimenta, anualmente?**

Segundo a *Satellites Industry Association* (SAI), em 2012, a indústria de satélites obteve uma receita de USD 189,5 bilhões, representando um crescimento de 7% em relação ao ano anterior. Essa taxa de crescimento é próxima à observada entre 2010 e 2011. Comparando-se a receita observada em 2001 (USD 64,4 bilhões), nos últimos 11 anos, houve um crescimento de aproximadamente 300%.

69

### **Os serviços prestados pelos satélites são a principal receita da indústria de satélites?**

Sim. Considerando os segmentos que compõem a indústria de satélites (estações de controle e equipamentos de solo; equipamentos e veículos de lançamento; serviços de satélites e o segmento responsável pela construção dos satélites), em 2012, os serviços responderam por 60% da receita gerada pela indústria. Assim, estações de controle e equipamentos de solo, equipamentos e veículos de lançamento e a construção representaram 29%, 3% e 8%, respectivamente.

Contudo, dois segmentos se destacaram naquele mesmo ano, pois apresentaram forte crescimento de 23% e 35%, respectivamente:

- Construção dos satélites e equipamentos.
- Veículos e lançamento.

70

### **Há um país que domina o mercado mundial de satélites?**

Considerando o volume financeiro e instrumental (lançamentos), os Estados Unidos dominam o mercado mundial da indústria de satélites. Em 2008, a indústria americana produziu 45% da receita mundial desse mercado.

**71**

## **O mercado mundial de satélites é dominado pelo segmento de sensoriamento remoto?**

Não. As estimativas de 2012 mostram que, aproximadamente, metade dos satélites em órbita está destinada à comunicação, considerando agências governamentais e comerciais. Somente 10% dos satélites operacionais estão focados no sensoriamento remoto e a receita mundial foi de USD 1,3 bilhão, o que representa menos de 1% da receita total da indústria de satélites. Nos próximos anos, esse cenário deverá ser mantido, atendendo a alta demanda oriunda de satélites direcionados à internet e à televisão.

**72**

## **Todos os países dominam a tecnologia para lançamento de satélites (foguetes ou veículos de lançamento)?**

Não. Em 2012, ocorreram 78 lançamentos, sendo 20 desses com objetivo comercial. Rússia, China e Estados Unidos foram os países que mais fizeram lançamentos orbitais, utilizando veículos de lançamento como os russos Proton K e Proton M, os chineses Long March 2, 3 e 4 e os americanos Atlas V, Delta IV entre outros:

- Rússia (24).
- China (19)
- Estados Unidos (13).

Entretanto, países como o Irã e a Coreia do Norte também possuem veículos de lançamento. No mesmo ano, Irã fez três lançamentos sendo que dois deles falharam; a Coreia do Norte fez dois lançamentos, sendo 1 com sucesso. Índia e Japão fizeram dois lançamentos com finalidade não comercial.

**73**

## **Futuramente, quais os principais avanços nas geotecnologias?**

Para responder a essa pergunta deve-se considerar a situação atual e onde se quer chegar. Para a sociedade civil, as aplicações

futuras das geotecnologias abrem muitas perspectivas: Desafios atuais e futuros (aquecimento global, escassez de recursos naturais, água e alimentos, urbanização descontrolada, epidemias, catástrofes naturais, etc.) certamente serão o foco do uso das geotecnologias acessíveis a essas tecnologias também deve expandir aos países, em benefício de maior parte da população.

74

**O Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS) a bordo dos veículos têm sido utilizados para informar rotas, posicionamento, condições do trânsito, comércio, ou seja, situações diárias. Existem outras aplicações do Sistema de Posicionamento Global (GPS) para veículos em desenvolvimento?**

No momento, há diversos projetos em desenvolvimento no mundo, aumentando a funcionalidade do GPS com veículos automotivos. Por exemplo, integração dos sistemas de câmeras externas que gravam o ambiente externo do veículo com sistemas de gravação do diagnóstico do veículo. Isso permite uma avaliação apurada das condições do veículo no caso de acidentes, similar à “caixa-preta” a bordo dos aviões.

Existem sistemas que integrados à rede GSM, informam após um acidente, a localização exata do veículo a equipes médicas e há também aqueles desenvolvidos para prevenir acidentes, pois os equipamentos de GPS se comunicam, evitando o encontro de dois veículos ou alertando o motorista sobre uma possível colisão. Outra possibilidade são sistemas de controle de trajetória para veículos autônomos, ou seja, que dispensam a presença de um motorista. Esses são somente alguns exemplos.

75 **O que são VANTs?**

A sigla VANT significa veículo aéreo não tripulado, que possui algum tipo de aplicação científica, militar ou outras,



e deve ser considerado como uma aeronave, mesmo sendo pilotado remotamente, conforme o *Código Brasileiro da Aeronáutica* (Lei 7.565/1986). Em inglês, são denominados de *drones* ou UAV (*unmanned aerial vehicle*).

## **76 Os VANTs são fabricados no Brasil ou importados?**

Mundialmente, há diversas empresas e países que fabricam VANTs, com finalidade civil ou militar, e nos últimos anos, esse segmento da indústria cresceu acentuadamente. Em 2013, um consórcio internacional fez o primeiro teste de um veículo aéreo não tripulado capaz de transportar 19 passageiros.

Atualmente, os Estados Unidos dominam 63% do mercado de produção, mas existem diversos VANTs fabricados no Brasil. Em maio de 2013, a Anac emitiu o primeiro Cave para um VANT fabricado por empresa brasileira do setor aeroespacial e de defesa. Segundo o fabricante, esse veículo desenvolvido possui autonomia de 5 horas, velocidade de mais de 100 km/h e atinge até 3 km de altitude.

## **77 Em quais aspectos os VANTs estão aliados às geotecnologias?**

Eles são capazes de mapear áreas específicas e obter imagens de áreas de interesse com maior rapidez e menor custo em relação a outras tecnologias. Mundialmente, os VANTs são usados em operações de defesa militar e no mapeamento de áreas onde se exigem decisões rápidas.

## **78 Como as geotecnologias podem ajudar no planejamento racional de ocupação de espaço para moradias urbanas?**

As geotecnologias contribuem fornecendo informações técnicas, como relevo, tipo e estrutura do solo local, hidrografia, drenagem, entre outras, que em conjunto com imagens de satélite

e visitas de campo, permitem identificar áreas de risco (altas declividades, deslizamentos de terra, áreas de inundação, etc.). Assim, os responsáveis pela formulação da política de uso do solo urbano podem tomar decisões mais adequadas.

79

### **O que é Gerenciamento Global da Informação Geoespacial (GGIM)?**

É uma iniciativa da Organização das Nações Unidas (ONU) que visa salientar a importância da disponibilização da informação continental para promover o desenvolvimento do transporte, energia e comunicações, de forma sustentável e equitativa nos países, motivando o desenvolvimento de estratégias e padrões de forma coordenada, contribuindo para seu compartilhamento e integração do setor.

80

### **O que é *Cloud Computing* e como está relacionada à geoinformação?**

*Cloud Computing* significa computação em nuvem e refere-se à utilização da memória, capacidade de armazenamento, cálculo de computadores e servidores compartilhados e interligados por meio da Internet, seguindo o princípio da computação em grade.

O armazenamento de dados – que podem ou não ser georreferenciados – é feito em serviços que poderão ser acessados de qualquer lugar do mundo, a qualquer hora, não havendo necessidade de instalação de programas ou de armazenar dados. O acesso a programas, serviços e arquivos é remoto, através da Internet, daí a alusão à nuvem.

81

### **O que são estações espaciais e para que servem?**

As estações espaciais ou estações orbitais são espaçonaves capazes de integrar vários instrumentos e abrigar uma tripulação no



espaço durante um período de tempo. As estações não possuem sistema de pouso e decolagem, por isso a carga e os tripulantes são transportados por outros veículos. As estações espaciais são utilizadas para estudar os efeitos causados pela longa permanência de seres humanos no espaço e servem como plataforma para diversos estudos que não seriam possíveis em outras naves ou na Terra. Já foram colocadas em órbita diversas estações espaciais: além das sete estações da série Salyut<sup>9</sup>, a Mir lançadas pela extinta União Soviética e o Laboratório Espacial Skylab, pelos Estados Unidos, todas já desativadas.

Atualmente, existem apenas duas estações espaciais em operação:

- Estação Espacial Internacional ou *International Space Station* (ISS).
- Estação Espacial Tiangong-1.

82

### **Com base na experiência da Embrapa Monitoramento por Satélite, o desenvolvimento de infraestruturas web – com aplicações de geoprocessamento – irá melhorar?**

A tendência é que as instituições de pesquisa nacionais e estrangeiras busquem integrar e compartilhar, por meio da web, o resultado de suas pesquisas com a sociedade e entre as instituições. Essa iniciativa visa facilitar, integrar e disseminar o trabalho colaborativo de maneira bem simples. Além disso, nos últimos anos, o volume da informação digital cresceu acentuadamente fomentando o desenvolvimento de novas soluções. Situação similar é observada no geoprocessamento, por meio do desenvolvimento de ferramentas on-line de consulta, manipulação e modelagem de informações geoespaciais. Na verdade, esse desenvolvimento irá depender muito das tecnologias de armazenamento e processamento e da velocidade do fluxo de dados e informações na web.

---

<sup>9</sup> Disponível em: <[www.pt.wikipedia.org/wiki/Salyut](http://www.pt.wikipedia.org/wiki/Salyut)>

83

**A comunidade de usuários dos sistemas de informação geográfica cresceu acentuadamente. Quais foram as principais mudanças que esses usuários observaram nos últimos 20 anos?**

A entrada dos sistemas de informação geográfica na rotina diária das pessoas. Essa mudança foi decorrente da simplificação e barateamento do hardware disponível no mercado, permitindo interfaces simplificadas e intuitivas. Com a expansão da comunidade de usuários, novas possibilidades de negócios emergiram e novas empresas buscaram se situar nesse mercado crescente.

Outra mudança foi a qualidade e a acurácia da informação gerada pelos SIGs. A importância da qualidade de um sistema de navegação é evidente. Paralelamente, as aplicações SIG na web permitiram que os sistemas de navegação – anteriormente restritos aos GPS automotivos – fossem incorporados aos smartphones, o que ocasionou um novo cenário no mercado.

84

**Considerando as geotecnologias modernas surgidas na década de 1950, com os primeiros lançamentos de satélites artificiais, quais seriam os principais avanços ou modificações observados nos últimos 50 anos?**

Os avanços da geotecnologia moderna acompanharam a modernização da Ciência da Computação (hardware e software) e da Engenharia, haja vista os seguintes exemplos:

- Aumento na disponibilidade de sensores de alta resolução espacial e espectral.
- Satélites de comunicação transmitem cada vez mais maior volume de dados.
- Redução de custos de produção dos sistemas de observação da Terra e seus lançamentos e aperfeiçoamento de software de SIG e dos equipamentos de solo (p.ex. GNSS).

Como se vê, esse cenário permitiu o mapeamento e a análise de diversas regiões do planeta, o surgimento de novos estudos e aplicações, além do desenvolvimento de novas oportunidades de negócios, baseados nas características das geotecnologias.

Por sua vez, a demanda comercial acelerada por novos sensores orbitais pode resultar numa dificuldade futura, na existência de poucos sistemas orbitais de monitoramento cujo foco seja o monitoramento de longo prazo. Esse monitoramento é fundamental para que se possam:

- Identificar a dinâmica do uso e cobertura da terra.
- Entender o efeito de impactos ambientais.
- Propor medidas conservacionistas.

**85**

### **Como o grande público obtém imagens de sensores remotos e quais mudanças podem-se esperar para o futuro?**

Até algum tempo atrás, para se obter imagens de sensores remotos, com resolução espacial da ordem de 30 m, tinha-se que pagar por elas. Com o passar dos anos, imagens com tais resoluções espaciais passaram a ser distribuídas gratuitamente enquanto novos sensores remotos, com resolução espacial da ordem de poucos metros e até centímetros, começaram a ser comercializadas. Contudo, com o desenvolvimento dos sítios com mapas on-line, a população pode visualizar imagens com resoluções espaciais de poucos metros, embora sem acesso a suas bandas espectrais. A tendência no mercado de observação global deve incluir o armazenamento, a distribuição e o processamento de imagens e não apenas sua comercialização.

**86**

### **A utilização de geotecnologias limita-se ao mapeamento do uso e cobertura das terras?**

Não. Além dos processos geotecnológicos tradicionalmente usados, como mapeamento do uso e cobertura das terras agrícolas e não agrícolas, mapeamento do tipo de solo, mapeamento de

risco agrícola e meteorológico, existem outros temas diversificados voltados à pesquisa e utilização das geotecnologias. Exemplos:

- Uso de geotecnologias para identificação, conservação e análise de sites arqueológicos e do patrimônio cultural edificado, até com construção de modelos 3D.
- Identificação e propostas soluções para minimizar os impactos ambientais e da sociedade sobre os patrimônios naturais e histórico-culturais da humanidade.
- Avaliação de áreas de risco e uso de geotecnologias para prever acidentes em decorrência de desmoronamentos e enchentes fluviais e pluviais.
- Uso de GNSS para localização e locomoção de veículos e pessoas.
- Comunicação global e local via satélite.
- Estudo e previsão de condições meteorológicas para a agricultura e cidades.
- Uso estratégico militar e controle de fronteiras.
- Muitos outros usos que estão em execução e a serem desenvolvidos em tempo.

87

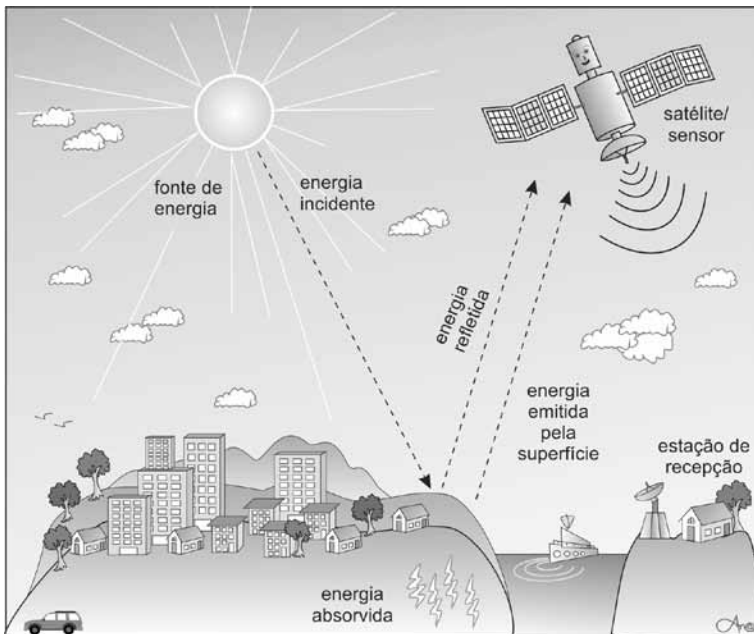
### **As aplicações das geotecnologias no meio rural se restringem ao mapeamento e à análise da paisagem?**

Não. A maior limitação para uso das geotecnologias está na criatividade e na capacidade de inovar e gerar novas aplicações e produtos a partir do processamento de dados geoespaciais. Por exemplo, pode-se usar geotecnologias como apoio ao turismo rural, e esporte de aventura identificando trilhas e pontos de interesse. Podem-se, também, lançar mão dessas ferramentas para auxiliar na gestão e no planejamento da propriedade rural, em modelos para estimativas de safras ou de riscos. Outras utilidades são a georastreabilidade (segurança dos alimentos), logística, distribuição e transporte.

## Geotecnologias acessíveis ao grande público podem afetar o dia a dia das pessoas?

A facilidade com que atualmente se tem acesso a imagens de sensores remotos e a ferramentas de geotecnologia tem grande impacto na vida moderna. Hoje, é possível obter-se rotas e informes de trânsito via internet. Também é possível compartilhar informações geoespaciais com facilidade e rapidez, possibilitando a geração de mapas simples e até sistemas colaborativos via sistemas como *wikigeo*, que agregam o conhecimento disperso na sociedade. Em nossos dias, também é possível buscar informações de interesse não apenas baseadas no tema, mas também em sua localização geográfica. Ou seja, o fácil acesso a ferramentas de geotecnologias facilita dias de atividades cotidianas das pessoas, desde que usadas corretamente.

# 4 Sensoriamento Remoto



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

## 89 O que é sensoramento 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

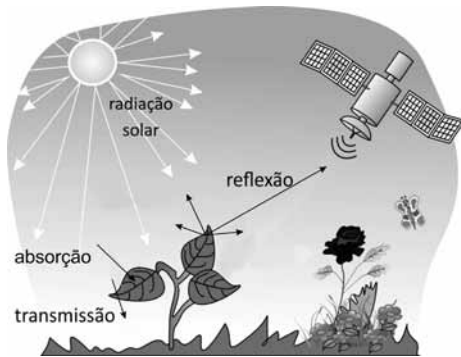
**O que é espalhamento atmosférico e como ele interfere na aquisição de dados de sensoriamento remoto usados na observação da Terra?**

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 hiperespectrais 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.

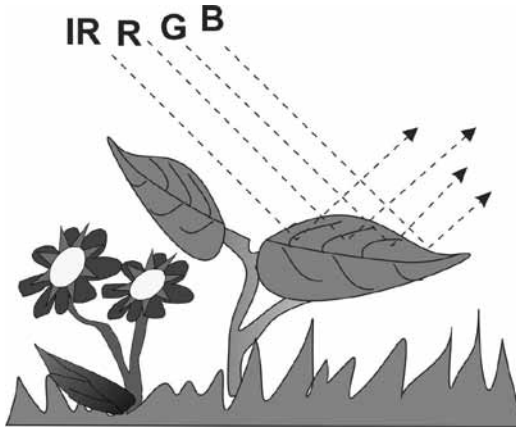
### **112 O que é NDVI e qual sua utilidade?**

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.

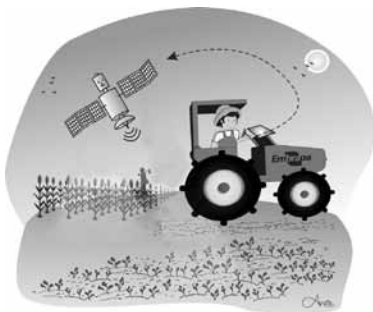
**Os satélites Ikonos, QuickBird, WorldView, GeoEye** – Com sensores de alta resolução espacial (entre 41 cm e 4 m) pertencentes a iniciativa privada, com venda regular de imagens pancromáticas e multiespectrais na faixa do IVP e do visível.

**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.

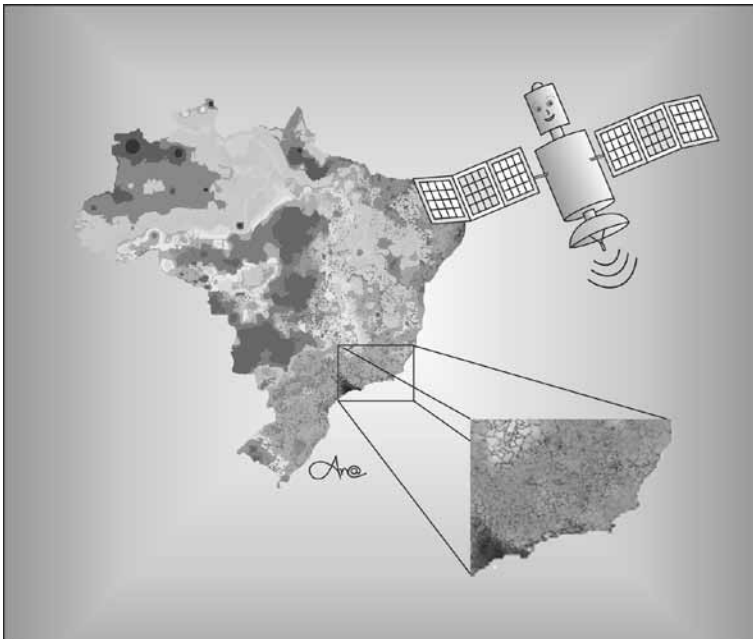
### **124 O LiDAR pode ser usado em levantamentos batimétricos?**

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.





# 5 Processamento de Imagens Digitais e Gestão da Informação



*Celina Maki Takemura  
Debora Pignatari Drucker*

## 125 O que é uma imagem?



É uma função intensidade com dimensão  $n$ . Por exemplo, uma imagem bidimensional denotada por  $f(x, y)$ , onde  $x$  e  $y$  denotam as coordenadas espaciais e o valor ou amplitude de  $f$  em qualquer ponto  $(x, y)$  é proporcional à intensidade (brilho, níveis de cinza, etc.) da imagem naquele ponto.

## 126 O que é uma imagem digital?

É uma imagem  $f(x, y)$  discretizada (fragmentada) tanto em coordenadas espaciais quanto em intensidade, ou seja, é uma matriz cujos índices de linhas e colunas identificam um ponto na imagem e o valor correspondente do elemento da matriz identifica sua intensidade.

## 127 O que é iluminação e reflectância?

As imagens que percebemos são caracterizadas por dois componentes:

- Iluminância,  $i(x,y)$  – Quantidade de luz incidindo na cena que está sendo observada.
- Reflectância,  $r(x,y)$  – Quantidade de luz refletida pelos objetos na cena.

$$f(x,y) = i(x,y)r(x,y)$$

$$0 < i(x, y) < \infty$$

$$0 < r(x, y) < 1$$

A reflectância é limitada entre 0 (absorção total) e 1 (reflectância total).

## 128 O que é amostragem e quantização?

Tanto a amostragem quanto a quantização são processos de discretização da imagem para se obter uma representação digital. A amostragem é a discretização das coordenadas espaciais ( $x$ ,  $y$ ) de uma imagem, i.e.  $x$  e  $y$  são números inteiros. A discretização da amplitude  $f$ , i.e. intensidade, é chamada quantização. Em outras palavras, a quantização é a discretização da cor, isto é, uma imagem representada em gradações de cinza, inteiros que variam de 0 a 255 (8 bits).

## 129 O que é pixel e o que significa em uma imagem de satélite?

É o elemento da imagem digital (abreviação de *picture element*). O pixel é considerado como o menor componente de uma imagem digital. Quanto mais pixels são usados para representar uma determinada feição em uma imagem, mais a representação se parecerá com o objeto original.

Em uma imagem de satélite, o termo resolução espacial se refere às dimensões correspondentes ao pixel em relação ao imageado. Cada sensor instalado nos satélites possui uma determinada resolução espacial. Assim, as imagens obtidas pelo sensor AVNIR-2, a bordo do satélite ALOS, por exemplo, disponibilizou imagens com resolução espacial de 10 m x 10 m por pixel, ou seja, cada pixel possui equivalência a 100m<sup>2</sup> no terreno.

## 130 Quais os passos envolvidos no processamento de imagens digitais?

O processamento de imagens digitais envolve os seguintes passos:

- Aquisição.
- Pré-processamento.
- Segmentação ou classificação.
- Representação e descrição.

- Reconhecimento.
- Interpretação.

### **131 O que é necessário para a aquisição de imagens digitais?**

É necessário um sensor para imageamento, ou seja, um dispositivo físico que seja sensível a uma banda do espectro de energia eletromagnética (e.g. raios X, ultravioleta, infravermelho, etc.) e que produza um sinal elétrico de saída proporcional ao nível de energia percebida. Ainda, é preciso ter um dispositivo com capacidade de digitalizar o sinal produzido pelo sensor, ou seja, para conversão do sinal elétrico físico para forma digital.

### **132 O que é pré-processamento?**

É o processo a ser realizado antes do processamento cujo objetivo é melhorar a imagem para aumentar as chances de sucesso dos processos seguintes. Alguns exemplos de pré-processamento são realce de contrastes e remoção de ruído.

### **133 No que consiste a segmentação de imagens?**

Consiste em associar um rótulo a todos os pixels homogêneos sobre determinado aspecto. Sua finalidade é simplificar a representação da imagem em algo mais significativo e simples de analisar.

### **134 Como representar os objetos visuais?**

Existem vários métodos de representação:

- Representação por contorno – Contornos paramétricos, conjunto de pontos de contorno e aproximações.
- Representação por região – Decomposição de regiões em polígonos e regiões delimitadoras.

- Representação por transformação da imagem – Transformações lineares como fourier; e não lineares como Hough.

### 135 O que é descrição de imagens?

Também chamado de seleção de características, é o processo de selecionar um subconjunto de características relevantes para discriminar um objeto visual entre classes e objetos. São exemplos de descritores:

- Comprimento de um contorno.
- Descritores de fourier.
- Texturas.

### 136 No que consiste o subprocesso de reconhecimento dentro do contexto de processamento de imagens digitais?

Reconhecimento é o processo de atribuir um rótulo a um objeto, baseado na informação fornecida por seu descritor, suas características. Existem várias abordagens para se reconhecer padrões, e.g. casamento (*template matching*), abordagens sintáticas, redes neurais, lógica nebulosa, morfologia matemática com aprendizado computacional, métodos estatísticos, etc.

### 137 O que é interpretação no contexto de processamento digital de imagens?

A interpretação envolve a atribuição de significado a um conjunto de objetos reconhecidos. É também chamada de análise de cenas e envolve a escolha de um formalismo que expresse conhecimento humano. Nesse caso a interpretação nada mais é que o processo de intelecção ou compreensão da linguagem verbal ou não verbal ou semiótica, que é extraída de imagens por meio de modelos construídos com a ajuda da Geometria, da Física, da Estatística e da própria Teoria da Informação.

### **138 O que são dados e informações geoespaciais?**

São aqueles dados que associam a cada entidade ou fenômeno a uma localização, em dado instante ou período de tempo. As informações geoespaciais podem ou não ser imagens.

### **139 O que é a Inde?**

É um conjunto integrado de tecnologias, políticas, mecanismos e procedimentos de coordenação e monitoramento, padrões e acordos, necessário para facilitar e ordenar a geração, o armazenamento, o acesso, o compartilhamento, a disseminação e o uso dos dados geoespaciais de origem federal, estadual, distrital e municipal. A Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (Inde) foi instituída pelo Decreto nº 6.666 de 27/11/2008 (BRASIL, 2008b).

### **140 Quais as categorias de dados da Inde?**

Os dados geoespaciais fornecidos pela Inde são divididos em três categorias:

- Dados de referência.
- Dados temáticos.
- Dados de valor agregado.

### **141 O que são dados de referência?**

São aqueles que apresentam informações genéricas de uso não particularizado, imprescindíveis ao georreferenciamento e à contextualização geográfica de todas as temáticas territoriais específicas.

Entende-se por dados de referência, dados sobre os quais se constrói ou se referencia qualquer outro dado de referência ou temático.

### **142 O que são dados temáticos?**

São aqueles que tratam de determinado fenômeno ou temática (e.g. mapas de elevação, tipos de solo, geologia, vegetação, clima, etc.) em determinada região ou em todo o País. Incluem valores qualitativos e quantitativos e, normalmente, estão ligados aos objetivos centrais da gestão dos seus respectivos produtores.

### **143 O que são dados de valor agregado?**

São aqueles adicionados por usuários ou produtores (públicos ou privados) aos dados de referência ou temáticos, por exigência de determinado interesse e utilização específica, e que podem pertencer aos âmbitos setoriais, regionais, estaduais, municipais, urbanos e outros.

### **144 O que é um registro de metadados geoespaciais?**

É um arquivo de informações, normalmente um documento XML, que contém as informações relevantes de um dado.

Um registro de metadados geoespaciais é a dados com extensão geográfica implícita ou explícita e usados para documentar recursos geográficos digitais, como:

- Dados de imageamento terrestre.
- Base de dados geoespaciais, etc.

### **145 O que é XML?**

É uma linguagem de programação para gerar linguagens de marcação para necessidades especiais. A finalidade principal de *eXtensible Markup Language* (XML) é a facilidade de compartilhamento de informações por meio da internet.



### **146 Qual a importância do uso de padrões de metadados?**

O uso de um padrão comum de metadados provê um conjunto de informações descritivas sobre os dados, incluindo as características do seu levantamento, produção, qualidade e estrutura de armazenamento, essenciais para promover sua documentação, integração e disponibilização, bem como possibilitar sua busca e exploração. Entre os padrões mais conhecidos de metadados para dados geoespaciais estão o FGDC e o ISO 19115.

### **147 O que é uma base de dados geoespaciais?**

É uma base otimizada de dados para armazenar, indexar e buscar dados que representam o espaço geográfico. Distingue-se pela componente espacial e pode ser derivado, entre outras fontes, de mapeamento ou de sensoriamento remoto.

### **148 O que é *Catálogo de Metadados Espaciais* ou o *Diretório de Metadados*?**

É um sistema de servidores para armazenar, preservar e acessar Metadados Serviços e Dados Geoespaciais, essencial para se indexar busca de dados geoespaciais.

### **149 O que é Perfil MGB?**

O Perfil de Metadados Geoespaciais Brasileiros (MGB) é um subconjunto da norma ISO 19115, definido pela Comissão Nacional de Cartografia (Concar), para documentar informações geoespaciais com o propósito de catalogar, integrar e harmonizar dados geoespaciais existentes nas instituições do governo brasileiro, produtoras e mantenedoras desse tipo de dado.

## 150 O que é o Diretório Brasileiro de Dados Geoespaciais?

De conformidade com o Decreto 6.666/2008, Diretório Brasileiro de Dados Geoespaciais (DBDG) é «[...] um sistema de servidores de dados, distribuídos na rede mundial de computadores, capaz de reunir eletronicamente produtores, gestores e usuários de dados geoespaciais, com vistas ao armazenamento, compartilhamento e acesso a esses dados e aos serviços relacionados» (BRASIL, 2008b, art. 2º, inciso IV).

## 151 O que é o Geonetwork?

É um catálogo de metadados livre, de código aberto, aderente aos padrões adotados na Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (Inde), como parte do ferramental provido pela *Open Source Geospatial Foundation* (Osgeo). Essa ferramenta é recomendada no plano de ação, para implantar a Inde para carga e gestão de metadados geoespaciais.

## 152 O que é a Concar?

É a Comissão Nacional de Cartografia (Concar), um órgão colegiado do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, atualizada conforme Decreto s/nº de 1º de agosto de 2008 (BRASIL, 2008a), remanescente do antigo Cocar, instituído pelo Decreto-Lei 243 de 28, de fevereiro de 1967 (BRASIL, 1967), que fixa as diretrizes e bases da cartografia brasileira e dá outras providências. A Concar responde pelo Conselho Superior da Inde e exerce a atribuição de cumprir os papéis normativo e diretivo dessa instituição.

### 153 O que é OGC?

É a sigla para *Open Geospatial Consortium*<sup>10</sup> ou Consórcio Geoespacial Aberto, uma organização voluntária internacional que define padrões para conteúdo e serviços geoespaciais.

Na OGC, mais de 280 organizações comerciais, governamentais, não lucrativas – e instituições de pesquisa de todo o mundo – colaboram num processo aberto, encorajando o desenvolvimento e a implementação desses padrões.

### 154 O que são geoserviços?

São funcionalidades que permitem que o usuário acesse os dados e os metadados geoespaciais por meio de protocolos de comunicação pela internet. Um exemplo é o *Web Map Service (WMS)*, que define um mapa como representação de informação geográfica em forma de arquivo digital de imagens adequadas para serem exibidas em tela de um computador. Normalmente, os mapas produzidos pelos serviços WMS são uma imagem no formato PNG, GIF ou JPEG.

### 155 O que é EPSG?

É uma codificação definida pelo *European Petroleum Survey Group (EPSG)*, que associa um código numérico a um sistema de coordenadas cartográficas. Por exemplo, EPSG 4326 corresponde a WGS 84/ geográfica.

## Referência

BRASIL. Decreto de 1º de agosto de 2008. Dispõe sobre a Comissão Nacional de Cartografia - CONCAR, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 4 ago. 2008a.

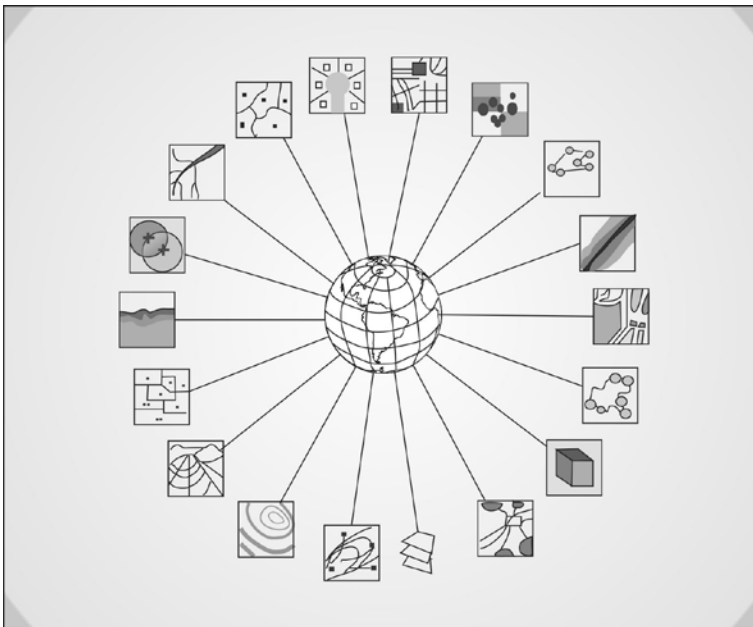
<sup>10</sup>Disponível em: <[www.opengeospatial.org/](http://www.opengeospatial.org/)>.

BRASIL. Decreto nº 6.666 de 27 de novembro de 2008. Institui, no âmbito do Poder Executivo federal, a Infra-Estrutura Nacional de Dados Espaciais - INDE, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 28 nov. 2008b.

BRASIL. Decreto-Lei 243 de 28, de fevereiro de 1967. Fixa as Diretrizes e Bases da Cartografia Brasileira e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 28 fev. 1967. Retificação em 9/3/1967, publicada em 8/5/1967.



# 6 Geoprocessamento



*Daniel de Castro Victoria  
Edlene Aparecida Monteiro Garçon  
Bianca Pedroni de Oliveira  
Gustavo Bayma Silva  
Daniel Gomes*

## 156 O que é geoprocessamento?



Consiste no uso de ferramentas computacionais para tratamento e análise de dados geográficos. O conjunto dessas ferramentas, integrado em Sistemas de Informação Geográfica (SIGs ou GIS na sigla em

inglês), permite analisar e cruzar dados oriundos de diversas fontes, facilitando a extração de informação e a tomada de decisão.

## 157 Quando surgiu o geoprocessamento?

O surgimento do geoprocessamento se confunde com o desenvolvimento da ciência da computação. Apesar de análises espaciais serem empregadas muito antes do uso de computadores, foi na década de 1950 que se começou a usar *hardware* e *software* para auxiliar na elaboração de mapeamentos. Já na década de 1960 o Departamento de Agricultura do Canadá desenvolveu o que é hoje considerado o primeiro programa computacional para análises espaciais, o *Canada Geographic Information System* (CGIS).

## 158 Quais dados podem ser representados num Sistema de Informação Geográfica (SIG)?

Um SIG pode representar grande variedade de dados espaciais, como localização e delimitação de áreas de interesse, redes de distribuição, topografia, juntamente com outros atributos. Assim, é possível representar:

- Localização de poços.
- Estações meteorológicas e dados relacionados (qualidade de água, temperatura, precipitação).
- Redes de drenagem.

- Estradas.
- Mapas de solo.
- Delimitações de municípios.
- Mapas de uso e cobertura da terra.
- Curvas de nível, etc.

### 159 **Existem sistemas de informação geográfica gratuitos?**

Sim. Existem diversas soluções computacionais para SIG. Estão disponíveis programas comerciais e pacotes gratuitos e de código aberto. Cabe ao profissional avaliar a melhor solução a ser utilizada. Alguns dos SIGs gratuitos mais conhecidos são:

- Spring.
- Quantum GIS.
- GRASS.
- gvSIG dentre outros.

### 160 **Os sistemas de mapas “on line” como o Google Earth™ e similares podem ser considerados SIG?**

Apesar de não possuir todas as funcionalidades dos SIGs mais complexos, esses aplicativos podem ser considerados como sistemas de informações geográficas de fácil utilização e que contribuem na popularização das ferramentas de geoprocessamento. Permite ainda a representação, o armazenamento e a distribuição de dados espaciais, além de possibilitar algumas análises como medidas de distância e cálculo de rotas.

### 161 **O que são SIGs *On-line* ou WebGIS?**

São sistemas computacionais em rede que disponibilizam informações geográficas para visualização e consultas. Tais sistemas devem ainda prover acesso a um banco de dados espaciais que permita a usuários consultar, visualizar e modificar mapas disponíveis.



## **162** Quais tipos de análise podem ser feitos em num SIG?

Uma das principais análises feitas num SIG é a análise espacial. Esse tipo de análise trabalha com dados em que uma das variáveis é a localização geográfica dos objetos, ou análises baseadas nas relações espaciais entre objetos avaliados. A análise espacial permite que o usuário estude a localização de um determinado evento, como por exemplo, queimadas no Bioma Amazônia, e o relacionamento espacial entre as feições estudadas, como:

- A distância entre focos de incêndio e estradas.
- A relação entre ocorrência de doenças.
- Indicadores de saneamento básico etc.

Trabalhando-se com dados de diferentes épocas, também é possível fazer uma análise multitemporal. Outra forma de análise é definir critérios para identificar locais de interesse, auxiliando a tomada de decisão. Conhecida como análise multicritério, é muito utilizada para estudos e avaliações de risco ambiental.

## **163** É preciso dispor de um computador muito potente para se trabalhar com SIG?

Não necessariamente. Atualmente, os computadores pessoais são capazes de processar grande parte dos SIGs. Contudo, dependendo das análises a serem realizadas, podem ser necessários computadores com maior capacidade de processamento.

## **164** Onde obter dados para análises em SIG?

Os dados para análises espaciais podem vir de diferentes fontes. Podem ser obtidos em levantamentos de campo ou adquiridos de terceiros. Muitos dos órgãos oficiais de estatística e geografia ou órgãos do governo disponibilizam mapas base que podem ser integrados nas análises espaciais.

Existem também grupos de pesquisa que disponibilizam as informações com que trabalham. Grande parte desses dados pode

ser acessada pela internet, tomando-se os devidos cuidados para dar crédito às fontes de forma correta e de se verificar a qualidade das informações.

De especial interesse é o *Catálogo de Metadados* da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (Geoportal – INDE)<sup>11</sup>, que cataloga os metadados geoespaciais de diversos órgãos do governo brasileiro, além de permitir o acesso a muitos desses dados. Em se tratando de imagens de sensores remotos, muitas estão disponíveis, gratuitamente, na internet (ex.: satélites Landsat, CBERS-2, sensor MODIS), ou adquiridas de representantes comerciais, principalmente no caso de imagens de alta resolução espacial.

### 165 O que são dados vetoriais e matriciais?

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) usam duas formas básicas para representar os dados espaciais:

**Representação de dados vetoriais** – Usa um ou mais pares de coordenadas para representar pontos, linhas e polígonos e a relação dessas feições com seus diferentes atributos.

**Representação de dados matriciais** – Usa uma grade composta por linhas e colunas para representar alguma informação de interesse no espaço, ou seja, uma matriz de valores (também conhecidos como dados raster).

Uma característica importante desses dados é a resolução espacial, ou seja, a área no terreno que é representada pela menor unidade presente na imagem (pixel).

### 166 Quais dados podem ser representados no formato vetorial e matricial e quais as diferenças entre eles?

Dados com variáveis discretas pontuais ou que representem feições lineares são mais facilmente representados utilizando vetores (ex.: estações meteorológicas, localização de endereços numa cidade, rios, estradas):

<sup>11</sup>Disponível em: <[www.metadados.inde.gov.br](http://www.metadados.inde.gov.br)>.

**Dados com variáveis contínuas** – Distribuídas numa área determinada são mais bem representados por meio de matrizes (ex.: precipitação, temperatura, imagens de sensores remotos etc.).

**Dados temáticos** – Descrevem classes de alguma variável numa região, podem utilizar tanto a representação matricial quanto vetorial. Alguns exemplos de dados temáticos incluem: mapas de solo, de uso e cobertura da terra, divisão de estados, regiões, distribuição do produto interno bruto (PIB) e outros.

A representação matricial tem a vantagem de permitir operações de álgebras de mapa, além de ser mais adequada para representar dados contínuos (ex.: precipitação). Contudo, caso necessite de elevado nível de detalhe, o tamanho do arquivo utilizado na representação matricial pode ser muito grande. Já a representação vetorial possibilita armazenar e representar dados com elevada precisão espacial usando arquivos menores.

**Dados vetoriais** – Também possibilitam a associação com diferentes atributos e análises de topologia. Cabe ao usuário do SIG identificar a forma de representação mais adequada para suas análises, levando em conta, também, que o formato dos dados pode ser convertido sempre que o usuário achar conveniente.

167

### **O que é um modelo digital de elevação (MDE) e onde obtê-lo?**

É um modelo matemático que reproduz uma superfície real a partir de um conjunto de pontos de coordenadas  $x$  e  $y$ , com atributos em  $z$  que descrevem uma variação contínua da superfície.

O modelo digital de elevação (MDE) tem este nome porque é muito usado em mapas topográficos. Na verdade, trata-se de uma representação na qual se usa o formato matricial. Um MDE pode ser gerado de diferentes formas, usando-se imagens estereoscópicas,

perfilamento a laser (LiDAR - *Light Detection and Ranging*) e a partir de cartas topográficas, interpolando as curvas de nível e utilizando, ou não, os pontos cotados e cursos d'água no processo.

Também é possível usar produtos prontos como o levantamento feito pelo *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) ou o modelo de elevação derivado do sensor Aster, o AsterGDEM.

## 168 O que é topologia?

É uma área da matemática que estuda as formas e as relações espaciais. Mais especificamente no geoprocessamento, a topologia diz respeito às relações entre diferentes feições como pontos, linhas e polígonos. Usando-se ferramentas de topologia num SIG, é possível identificar:

- Cruzamentos ou encontro de linhas.
- Sobreposição.
- Vazios entre polígonos.

Assim, pode-se verificar e corrigir mapas, como nos exemplos a seguir:

- Num mapa de curvas de nível, as linhas não devem se tocar nem cruzar.
- Num mapa político, a divisa entre dois estados deve ser comum a ambos, sem sobreposição ou vazios.
- Numa rede viária, as linhas das estradas devem estar conectadas.

## 169 O que é um *shapefile* ou arquivo *shape*?

É um formato de arquivo muito usado para armazenar dados vetoriais. Esse formato foi desenvolvido pela empresa ESRI no início da década de 1990. Com o tempo, o *shapefile* se tornou muito difundido entre os usuários, sendo que a maioria dos SIGs é capaz de ler e escrever nesse formato. Um *shapefile* é composto por mais

de um arquivo, todos com o mesmo nome, mas com extensões diferentes, incluindo:

- shp.
- shx.
- dbf.
- pr.

### **170 O que é um *buffer*?**

É um modelo matemático que estabelece a distância euclidiana de um determinado objeto: ponto, linha, polígono (em caso de dados vetoriais) ou pixel (em caso de dados matriciais), delimitando uma área ao redor do objeto estudado. Como exemplo, pode-se citar a determinação do entorno de uma unidade de conservação ou de um curso d'água, onde até certa distância algumas restrições devem ser respeitadas.

### **171 Qual a precisão de um SIG? E em qual escala ele trabalha?**

A precisão e a escala de um SIG dependem dos dados de entrada usados nos processamentos e análises. Ressalta-se a importância dos metadados, pois o usuário deve conhecer a informação usada, tal como escala, ano de obtenção, etc.

### **172 O que é um geóide?**

É a forma da Terra, considerando a superfície formada pelo nível médio dos oceanos, sem a influência das marés e ventos.

### **173 O que é um elipsoide?**

É a representação matemática de uma superfície que se aproxima da forma da Terra, o geóide.

## 174 O que é um *datum*?

É um modelo de representação da Terra ou parte dela, podendo ser:

**Datum planimétrico ou horizontal** – É um sistema de coordenadas, determinadas a partir de um elipsoide de referência, orientado com respeito a uma origem.

**Datum vertical** – Refere-se à superfície de referência usada para definir as altitudes de pontos da superfície terrestre.

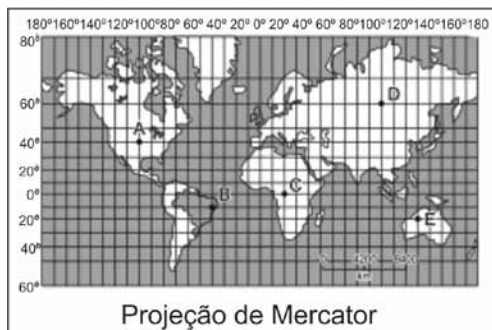
Faz-se o ajustamento das medições realizadas para definir a referência “zero” a partir de uma rede de marégrafos. No Brasil, o ponto de referência *desse datum* é o marégrafo da cidade de Imbituba, SC.

## 175 O que são sistemas de projeção cartográfica?

São sistemas que realizam a conversão das coordenadas localizadas na superfície terrestre para coordenadas em um plano de projeção. Desta forma, é possível representar feições de uma superfície curva em uma superfície plana.

## 176 Qual sistema de projeção cartográfica deve ser adotado?

Todo sistema de projeção ocasiona alguma distorção nos dados, seja na forma, na área ou nos ângulos. Cabe ao usuário escolher o melhor sistema de projeção para sua aplicação, que dependerá da área de estudo e da precisão necessária.



Para representações em escala global, é muito usada a projeção de mercator, principalmente nos sistemas WebGIS, mas

ela resulta em fortes distorções nos polos. Já em trabalhos em áreas menores, como um município, usa-se muito a projeção transversa de mercator (UTM), nos respectivos fusos.

### **177 Como converter um sistema de projeção cartográfica em outro?**

A conversão dos mapas de um sistema de projeção para outro deve ser feita dentro do SIG. A forma de se fazer essa conversão depende do programa adotado. Recomenda-se que o usuário consulte o *Manual do SIG* que está usando para verificar a maneira mais adequada.

### **178 O que é um Sistema de Navegação Global por Satélite (GNSS)?**

Esse sistema, do inglês *Global Navigation Satellite System (GNSS)*, consiste numa constelação de satélites que permite determinar a localização e o posicionamento de um receptor (veículo, por exemplo) em qualquer lugar da superfície terrestre, no mar ou no ar. Nesse conceito de GNSS, encontram-se duas gerações:

- O GNSS-1 – Que se baseia nos sistemas NAVSTAR/GPS ou no GLONASS.
- O GNSS-2 – Que contará com os satélites do Bloco IIF do NAVSTAR-GPS e do sistema Galileo (em desenvolvimento).

### **179 Como um GNSS determina a localização do usuário?**

É utilizado um procedimento conhecido por trilateração. Através de sinais de radiofrequência, um aparelho receptor GNSS é capaz de determinar sua distância em relação a pelo menos quatro satélites. A partir das coordenadas dos satélites e das distâncias é possível calcular as coordenadas do aparelho receptor do usuário.

180

### **Quantos satélites são necessários para compor um sistema GNSS?**

Por ser um sistema de abrangência global, uma constelação de satélites deve ter no mínimo 24 satélites posicionados de forma que um determinado receptor sobre a superfície terrestre possa ter um mínimo de quatro satélites no horizonte para serem detectados.

181

### **O que é disponibilidade seletiva?**

Também conhecido como *Selective Availability (S/A)*, é um método para degradar a precisão obtida no cálculo das coordenadas, pelos receptores GPS. Em 2 de maio de 2000, essa degradação intencional do sinal foi removida do sistema, melhorando em torno de 10 vezes a precisão de posicionamento.

182

### **Quais os tipos de aparelhos receptores existentes?**

De acordo com a aplicação, podem-se classificar os receptores em:

- Receptor de navegação.
- Receptor geodésico.
- Receptor para SIG (Sistema de Informação Geográfica).

183

### **Qual a precisão de um aparelho receptor GNSS?**

Depende do tipo de aparelho receptor e da situação de uso. Receptores geodésicos, que utilizam as portadoras L1 e L2, podem obter coordenadas com margem de erro centimétrico. Receptores de navegação, que são os mais disseminados para uso pessoal, obtêm coordenadas com precisão na ordem de 15 m em 95% do tempo quando em tempo firme e horizonte livre. Entre as situações que degradam a precisão do receptor, estão a presença de nuvens



e a existência de obstáculos entre o receptor e os satélites, como prédios ou árvores.

### **184 O que são frequências L1 e L2?**

As frequências L1 e L2 fazem parte da estrutura do sinal GPS, sendo essas frequências portadoras da Banda L. A frequência L1 e L2 são moduladas em três códigos binários: C/A, P e D. O uso das portadoras permitem precisões da ordem de 1 cm + 1 ppm (parte por milhão).

### **185 O que é um GPS diferencial e como funciona?**

O levantamento por GPS diferencial utiliza uma estação fixa GPS (estação base), com coordenadas conhecidas, para avaliar imprecisões nas coordenadas calculadas. Esses são então utilizados para corrigir as coordenadas de um GPS que se desloca (*rover*), aumentando a precisão do levantamento. Essa correção pode ser realizada tanto em tempo real (RTK) ou após a realização do levantamento, no escritório (pós-processamento).

### **186 Qual o sistema de coordenadas usado no aparelho GNSS?**

O aparelho GNSS permite a configuração em vários sistemas de coordenadas, mas o mais usual é trabalhar com o WGS-84 (UTM ou Geográficas) e posteriormente transformar as coordenadas para o sistema desejado.

### **187 Como obter as coordenadas geográficas de um local?**

Podem ser obtidas<sup>12</sup>:

- Diretamente com o receptor GPS (em tempo real).
- Pós-processadas.
- A partir de cartas topográficas.

---

<sup>12</sup>Se forem obtidas em UTM, podem ser transformadas em geográficas.

**188****Quais os requisitos para um levantamento topográfico georreferenciado?**

Esse procedimento é feito por profissionais habilitados e requer uso de equipamentos de precisão (estação total e GPS de precisão), além do conhecimento de pelo menos um ponto com coordenadas conhecidas. Geralmente, essas são fornecidas pelo IBGE (marco geodésico).

**189****Como converter as coordenadas UTM para latitude/longitude? E vice-versa?**

Os cálculos envolvidos na transformação de coordenadas são bem complexos, mas existem vários programas, disponíveis na internet, que realizam as transformações entre coordenadas. Além disso, muitos dos SIGs dispõem de ferramentas para a conversão dos dados entre diferentes sistemas de coordenadas e projeções. Para converter as coordenadas UTM em latitude/longitude, é preciso saber:

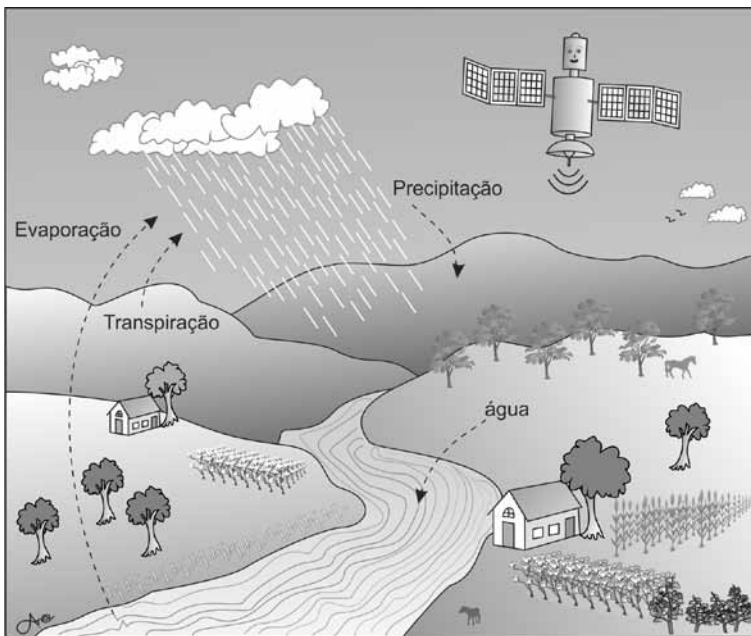
- O hemisfério (norte ou sul).
- O meridiano central ou a zona UTM.
- O sistema de coordenadas – SAD69, WGS 84, SIRGAS 2000.

**190****Se o GPS veicular direcionar alguém para um local errado, quais fatores influenciaram esse erro?**

Os aparelhos de GPS veicular ou os programas de celular ou de internet que traçam as rotas dependem muito da base de dados que está inserida no aparelho. Bases desatualizadas ou com erros podem fazer com que o trajeto ou o destino escolhido seja equivocado. Por exemplo, a base de dados pode estar com a numeração das casas inserida de forma errada, ou o sentido de alguma rua pode ter sido alterado, levando ao lugar errado ou escolhendo piores rotas.



# 7 Agrometeorologia



*Janice Freitas Leivas  
Antônio Heriberto de Castro Teixeira  
Ricardo Guimarães Andrade*

### **191 O que é agrometeorologia?**

É o estudo da relação entre os parâmetros meteorológicos e climáticos com as culturas agrícolas e suas influências no desenvolvimento das plantas e na produtividade.

### **192 Como se pode relacionar geoprocessamento e agrometeorologia?**

O geoprocessamento é uma ferramenta amplamente utilizada em estudos agrometeorológicos, subsidiando previsões climáticas e monitoramento agrícola, assim como mudanças climáticas e de uso da terra.

### **193 Como pode ser disponibilizada essa informação?**

A partir do processamento e da análise de dados meteorológicos é possível gerar mapas e tabelas, com informações e aplicações em diferentes escalas, tanto espacial quanto temporal, podendo ser disponibilizadas via internet ou boletins agrometeorológicos.

### **194 Qual a vantagem de se utilizar sensoriamento remoto em agrometeorologia?**

Quando se aplica ferramentas de sensoriamento remoto para fins agrometeorológicos, pode-se ampliar os resultados para uma grande área e não somente uma informação pontual, como por exemplo, uma lavoura específica.

### **195 Qual a importância do Sistema de Informação Geográfica (SIG) em agrometeorologia?**

Geralmente, o SIG é uma ferramenta de geoprocessamento que permite o armazenamento, a recuperação, a manipulação e a

análise espacial de dados agrometeorológicos com aplicação em estudos de diferentes escalas de produção agropecuária.

### 196 Como é utilizada a informação obtida?

Dispondo-se de computadores, de programas específicos e de imagens de satélite, é possível por em prática uma série de procedimentos para processar essas informações e assim obter dados georreferenciados, que permitem localizar as áreas de estudo de maneira fidedigna.

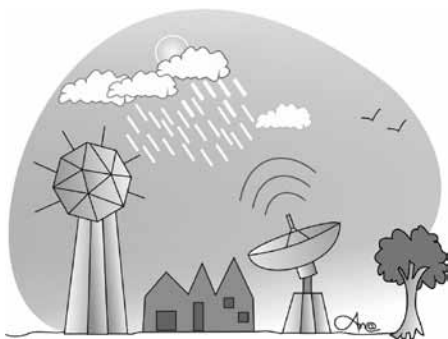
### 197 Quais os principais satélites utilizados em estudos agrometeorológicos?

Os principais satélites para estudos agrometeorológicos são:

- Landsat/TM.
- Spot-Vegetation.
- *Advanced Very High Resolution Radiometer – National Oceanic and Atmospheric Administration (AVHRR/NOAA).*
- *Geoestacionary Satellite Server (GOES).*
- *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS/Aqua/Terra).*
- Meteosat.

### 198 Como funcionam os radares meteorológicos?

Auxiliam na previsão de tempo de curto prazo, prevenindo contra inundações, pois permitem a emissão de alerta meteorológico da presença de nuvens com grande potencial de precipitação intensa, assim como decisão de irrigação e incidência de granizo.



199

### **Quais os tipos de monitoramento da cobertura vegetal que podem ser realizados via sensoriamento remoto?**

Utilizando sensoriamento remoto é possível:

- Analisar áreas florestadas, desmatadas, risco de queimadas.
- Estado fitossanitário e nutricional.
- Fazer previsão de secas e enchentes
- Avaliar e medir os componentes do balanço hídrico (umidade relativa do ar – UR).

200

### **O que são índices de vegetação (IV)?**

Os índices de vegetação servem como ferramenta para avaliar e monitorar as condições da vegetação, utilizando imagens de satélite. Os índices são obtidos por meio de relações matemáticas entre as faixas espectrais do espectro eletromagnético, sendo usados como indicativo do vigor da vegetação.

201

### **Existe restrição para se usar os índices de vegetação (IV)?**

Sim. Esses índices são recomendados somente para lavouras mais extensas, pois em um só pixel pode ter a mistura de diferentes tipos de superfície, dependendo da resolução espaço-temporal do satélite.

A estimativa da produtividade agrícola requer acompanhamentos frequentes. Assim, no caso de se utilizar imagens de satélite para essa finalidade, estas devem ser de alta resolução temporal. Além da área foliar, o IV depende da estrutura e da arquitetura das plantas nos diferentes sistemas de cultivos, assim como o problema de saturação em áreas densamente vegetadas.

202

### **Qual a importância dos índices de vegetação para a agrometeorologia?**

A importância está no monitoramento de mudanças sazonais e interanuais das atividades agrícolas e do desenvolvimento da vegetação.

## 203 Quais os principais índices de vegetação?

Os principais índices de vegetação são os seguintes:

- *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI).
- *Soil Adjust Vegetation Index* (SAVI).
- *Perpendicular Vegetation Index* (PVI).
- *Weighted Difference Vegetation Index* (WDVI).
- *Greenness Vegetation Index* (GVI).
- *Enhanced Vegetation Index* (EVI).

## 204 O que é SAVI?

É o Índice de Vegetação Ajustado ao Solo o qual apresenta valores de 0 a 1, variando segundo a biomassa e a fração de solo exposto.

## 205 O que é NDVI?

O NDVI ou Índice de Vegetação por Diferença Normalizada é a normalização do índice razão simples entre a reflectância no canal do visível e infravermelho próximo, variando entre -1, em superfícies d'água, e 1, representando superfícies densamente vegetadas.

## 206 O que é EVI?

É um índice de vegetação que tem a finalidade de atenuar os efeitos do solo e da atmosfera sobre o monitoramento da vegetação. O EVI é mais sensível à variação da estrutura do dossel, incluindo o Índice de Área Foliar (IAF), a fisionomia da planta e a arquitetura do dossel.

Foi desenvolvido para promover a redução das influências atmosféricas e do solo de fundo do dossel, no monitoramento da vegetação. Vários autores sugerem que o EVI apresenta substancial



melhora na sensibilidade às alterações do dossel em relação ao NDVI, principalmente em áreas de maior densidade de biomassa, como florestas.

## 207 O que é evapotranspiração?

É a combinação dos processos de transpiração e de evaporação numa superfície vegetada. Geralmente, a evapotranspiração é expressa em milímetros (mm) por unidade de tempo. A unidade de tempo pode ser hora, dia, mês ou o ciclo inteiro da cultura. Existem vários algoritmos para se obter a evapotranspiração por meio de imagens de satélite, destacando-se:

- *O Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL).*
- *O Simple Algorithm for Evapotranspiration Retrieving (SAFER).*
- *O Surface Energy Balance System (SEBS),* entre outros.

## 208 Quais as diferenças entre os conceitos de evapotranspiração?

**Evapotranspiração de referência (E<sub>to</sub>)** – É a taxa de transferência do vapor d'água para a atmosfera, de uma superfície de referência hipotética, podendo ser grama ou alfafa, sem limitações hídricas, cobrindo totalmente o solo.

**Evapotranspiração potencial** – É a taxa de transferência do vapor d'água de uma superfície vegetada, sem limitação hídrica, em boas condições fitossanitárias, representando o potencial de produção para uma dada condição climática.

**Evapotranspiração atual ou real** – É a taxa de transferência do vapor d'água de uma superfície vegetada em qualquer circunstância.

## 209 Pode-se utilizar Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) para se obter evapotranspiração em larga escala?

Sim. A partir da aplicação de SIGs, pode-se aplicar técnicas de interpolação de dados e espacialização dos valores de

evapotranspiração (ET) obtidos para cada estação agrometeorológica. Nesse caso, a escala espaço-temporal dos mapas de ET vai depender:

- Da rede de estações meteorológicas disponíveis.
- Do número de variáveis meteorológicas observadas em cada estação.

210

### **O que é coeficiente de cultura e como é possível obtê-lo de forma espacializada, para grandes áreas e diferentes culturas?**

O coeficiente de cultura ( $K_c$ ) é a razão entre a evapotranspiração potencial (ETP) e a de referência ( $E_{To}$ ).

Esse parâmetro depende da espécie, variedade e estágio da cultura e das condições climáticas de cada região. Para grandes áreas irrigadas com diferentes culturas, pode-se utilizar ferramentas de sistemas de informações geográficas e obter valores de  $K_c$  e de evapotranspiração de forma obter mapas que podem auxiliar o produtor em tomadas de decisões em relação entre ao volume de água a ser demandado pelos sistemas de irrigação.

211

### **Como se obtém a evapotranspiração via sensoriamento remoto?**

A partir das radiações espectrais refletidas e emitidas nas faixas do visível, infravermelho próximo e termal, em conjunto com dados de estações agrometeorológicas.

Os parâmetros básicos obtidos por sensoriamento remoto são albedo (ver pergunta 212) da superfície, temperatura da superfície e NDVI. A partir desses parâmetros, é possível obter todos os componentes do balanço de radiação de energia, resultando na estimativa da evapotranspiração. Os modelos amplamente utilizados em vários países incluem:

- *Simple Algorithm For Evapotranspiration Retrieving* (SAFER).
- *Surface Energy Balance Algorithm for Land* (SEBAL).
- *Surface Energy Balance System* (SEBS).

## 212 O que é albedo?

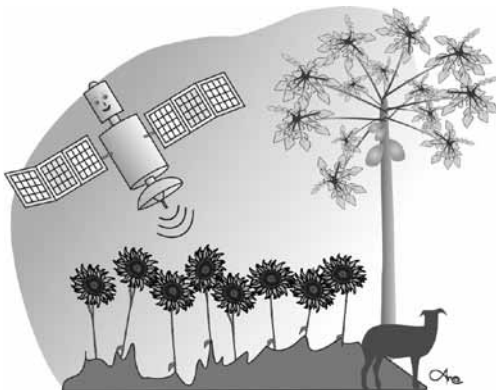
É razão da radiação solar refletida pela incidente. É obtido a partir de imagens de satélite nas bandas do visível e do infravermelho próximo. Esse parâmetro depende das características das condições hídricas e da superfície.

## 213 Quais fatores influenciam a estimativa da evapotranspiração via sensoriamento remoto?

Existem vários fatores que podem influenciar na obtenção da evapotranspiração por sensoriamento remoto, destacando-se fatores como:

- A transmissividade da atmosfera.
- A cobertura de nuvens.
- O ângulo de elevação solar.
- A altitude do satélite.
- A resolução das imagens (espacial, temporal e radiométrica).
- As condições da superfície.
- O tipo de alvo ou objeto a ser imageado, entre outros.

## 214 Qual a vantagem de se usar imagens de satélite em áreas agrícolas?



O uso de imagens de satélite é uma alternativa de gerenciamento e diagnóstico do comportamento e determinação do potencial agrícola de uma região, uma vez que as informações derivadas provêm respostas rápidas e seguras, com custo baixo e em curto prazo.

215

**As técnicas de sensoriamento remoto podem auxiliar no planejamento e na gestão dos recursos hídricos?**

Sim. É possível estimar, por exemplo, a evapotranspiração em escala de bacia hidrográfica usando imagens de satélite. Nesse caso, pode-se utilizar algoritmos como o SAFER e o SEBAL, possibilitando o uso dos recursos hídricos de maneira racional e minimizando os danos ambientais.

216

**A disponibilidade de água no solo é um fator condicionante para cultivos agrícolas. É possível ter indicadores de umidade do solo por meio do sensoriamento remoto?**

Sim. O excesso ou o déficit hídrico podem afetar a produtividade das culturas. As técnicas de sensoriamento remoto podem contribuir na estimativa de parâmetros que podem estar correlacionados com a umidade do solo.

A taxa de evapotranspiração é um dos principais indicadores da disponibilidade de água no solo. Além disso, outro indicador de umidade do solo seria a utilização de séries temporais de NDVI para avaliar, estatisticamente, o comportamento da vegetação por meio da aplicação de desvios em relação à média histórica do NDVI. Contudo, ressalta-se a existência de defasagem entre a resposta da planta (vigor) e a ocorrência de precipitação.

217

**Quais indicadores espaço-temporais podem ser utilizados em estudos da umidade do solo para tomada de decisão em escala regional?**

Ao obter a evapotranspiração com imagens de satélite e algoritmos SAFER, SEBAL, SEBS, etc, podem-se gerar indicadores, como o índice hídrico (IH), que é obtido pela razão entre a precipitação e a evapotranspiração ( $P/ET$ ), indicando a quantidade de água excedente se  $P/ET > 1$  e a deficiência hídrica, quando o indicador for

menor que 1. Outro índice seria a relação ET/ET<sub>o</sub>. Elevados valores desse índice indicam que maior conteúdo de umidade do solo.

### **218 Como obter o balanço hídrico climatológico por meio técnicas de geoprocessamento?**

A partir de dados espacializados provenientes de estações meteorológicas e levando-se em consideração a capacidade de água disponível no solo (CAD), é possível estimar o balanço hídrico ao contabilizar os valores de entrada (ex. precipitação) e saída (ex. percolação, evapotranspiração) de uma determinada região. Assim, os valores de excesso e déficit hídrico podem ser expressos na forma de gráficos para cada local ou geoespacializados e apresentados tanto na forma de mapas com os resultados interpolados para a área de estudo, indicando as condições hídricas em escala regional.

### **219 O que é produtividade da água?**

É a razão do rendimento líquido de culturas, florestas e pesca, e a quantidade de água requerida para a produção desses benefícios. Em culturas agrícolas, é possível determinar a produtividade da água por sensoriamento remoto, com dados de radiação solar e NDVI.

### **220 Como a produtividade da água de culturas agrícolas pode ser quantificada por sensoriamento remoto?**

A partir da determinação de biomassa (BIO)<sup>13</sup> e da evapotranspiração (ET), usando-se um índice de colheita.

### **221 É possível estimar precipitação da chuva usando dados de sensoriamento remoto?**

Sim. O satélite meteorológico geoestacionário GOES obtém medições de reflectância da banda do infravermelho, sendo associada

<sup>13</sup>A biomassa (BIO) pode ser estimada com dados de NDVI obtidos via satélite e com radiação solar de estação agrometeorológica.

a nuvens de grande desenvolvimento vertical e, conseqüentemente, maior precipitação.

Por sua vez, o satélite *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) estima precipitação a partir de sensores de micro-ondas, que respondem à física de nuvens quanto à presença de água ou cristais de gelo nas nuvens.

Além do imageador por micro-ondas, a bordo do satélite TRMM, existe um radar de precipitação, radiômetros no visível e infravermelho e sensor de energia radiante da superfície terrestre e das nuvens e sensor de imageamento de relâmpagos.

### **222 Em agricultura de precisão, qual a importância dos fatores agrometeorológicos?**

A partir de imagens de satélite e dados de estações agrometeorológicas é possível acompanhar toda a produção ao longo do ciclo, como fazer o mapeamento da área cultivada, da ocorrência de pragas e doenças, da área colhida, da identificação do tipo de solo, além de orientar a aplicação de defensivos agrícolas, o monitoramento das culturas, entre outros.

### **223 Pode-se estimar a biomassa vegetal via imagens de satélite?**

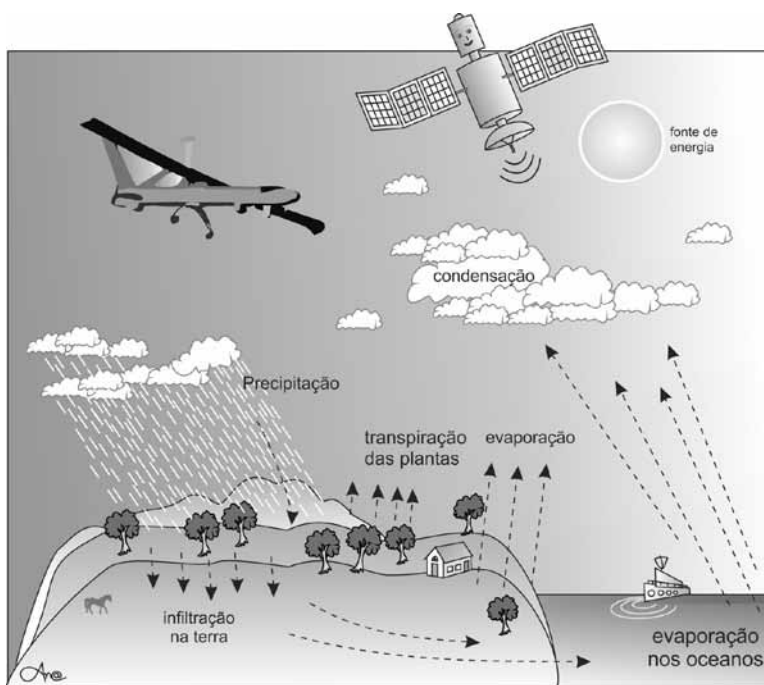
Sim. As imagens de satélite juntamente com os dados meteorológicos são usados como dados de entrada em algoritmos, como o SAFER, SEBAL, entre outros, para estimar a biomassa vegetal de grandes áreas. Além disso, existem vários estudos que correlacionam índices de vegetação (ex. NDVI) com a biomassa e, conseqüentemente, com a produtividade das culturas.

### **224 Qual a importância do balanço de energia em cultivos agrícolas de larga escala?**

É de fundamental importância ter conhecimento das componentes do balanço de energia em cultivos agrícolas tanto em escala

local quanto regional. Por meio das componentes do balanço de energia podemos inferir a partição de energia que é utilizada para os processos de fotossíntese, aquecimento do ar e do solo, bem como a demanda de água pelas plantas. Em estudos de larga escala podem ser empregadas imagens de satélite, dados agrometeorológicos e software que permitem o geoprocessamento e a visualização das componentes do balanço de energia.

# 8 Hidrologia



*Sérgio Galdino  
Daniel de Castro Victoria*



## 225 O que é hidrologia?

A hidrologia é a ciência que trata da água na terra, sua ocorrência, circulação e distribuição, suas propriedades físicas e químicas e sua relação com o meio ambiente, incluindo sua relação com a vida.

O termo hidrologia vem do grego, *hydor*, que significa “água”, e *logos*, que significa “estudo”. Diante da sua amplitude e complexidade, a hidrologia foi compartimentada, sendo objeto de estudo por especialidades como meteorologia, oceanografia, limnologia, ecologia e hidrogeologia. Atualmente, a hidrologia preocupa-se, basicamente, com os aspectos quantitativos da fase terrestre do ciclo hidrológico.

## 226 Quais os fenômenos terrestres do ciclo hidrológico?

Os movimentos permanentes da água na fase terrestre compreendem, principalmente, os seguintes fenômenos:

- Evaporação.
- Transpiração.
- Precipitação.
- Interceptação vegetal.
- Escoamento superficial.
- Infiltração no solo.
- Escoamento subsuperficial e subterrâneo.

## 227 Qual a importância da geotecnologia para estudos hidrológicos?

A geotecnologia facilita e aprimora estudos hidrológicos ao considerar a variação espacial e/ou temporal das variáveis hidrológicas. O crescente potencial do sensoriamento remoto e de SIGs para representar a informação espacial e temporal de bacias hidrográficas de maneira rápida, por meio de mapas de uso do solo,

juntamente com dados topográficos, possibilitam o desenvolvimento de modelos hidrológicos mais acurados, que subsidiam tomadas de decisões. Um exemplo é o estudo da estimativa do valor do escoamento superficial da água sobre o solo, que produz informações importantes a respeito da infiltração da água no solo e da recarga de aquíferos subterrâneos.

### **228 O que é rede hidrológica?**

É um conjunto de estações ou postos distribuídos sobre a superfície terrestre e equipados com um ou mais instrumentos de coleta de dados hidrométricos básicos.

No Brasil, os instrumentos mais comuns são pluviômetros e réguas linimétricas, que possibilitam medir respectivamente, o volume das chuvas e os níveis dos rios (cota)<sup>14</sup>.

### **229 Como são gerados dados de vazão de um rio?**

As vazões de um rio são estimadas a partir da relação (equação) entre as leituras das réguas linimétricas/linígrafo e valores de vazão obtidos por meio de medições feitas no local, com equipamentos específicos para essa finalidade, como molinetes fluviométricos.

Assim, após uma série de medições de vazão, é ajustada uma equação denominada pelos hidrólogos de “curva chave”, que possibilita gerar dados de descarga líquida a partir das leituras linimétricas.

### **230 Como se pode saber se em determinada região existem dados hidrometeorológicos e como se pode obtê-los?**

A melhor forma de se conhecer esses dados é consultando o sistema de informações hidrológicas da Agência Nacional de

<sup>14</sup>O nível de um curso d'água também pode ser obtido, automaticamente, por meio de equipamento denominado linígrafo.

Águas (ANA), por meio do portal HidroWeb ou do portal do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos. A rede hidrometeorológica da ANA reúne:

- Dados de milhares de estações de medições de volume de chuvas.
- Evaporação da água.
- Nível e vazão de rios.
- Quantidade de sedimento.
- Qualidade da água.

Esses dados podem ser obtidos, gratuitamente, via *download* diretamente do portal. A consulta pode ser feita pelos nomes da estação, do rio, do município, do estado ou pelo código da sub-bacia ou bacia.

O HidroWeb<sup>15</sup> também disponibiliza, para *download*, arquivos no formato *shape (shapefile)* com a localização geoespacial das estações hidrológicas brasileiras. Além dos portais da Agência Nacional de Águas (ANA), alguns órgãos estaduais mantêm uma base de dados on-line, onde podem ser obtidas informações de interesse.

## 231 O que são bacias hidrográficas?



São áreas da superfície terrestre em que as águas das chuvas escoam das áreas mais altas para as mais baixas do terreno, concentrando-se em canais naturais, denominados

de córregos, ribeirões, rios, etc., até atingirem uma seção definida (exutório). Assim, essa área é delimitada topograficamente pelo exutório, que é a seção do curso d'água de saída da água da bacia, e pelos chamados divisores de águas que a separa de bacias adjacentes. A água que precipita fora do divisor de água da bacia não contribui para o escoamento no exutório considerado.

<sup>15</sup>Disponível em:<<http://hidroweb.ana.gov.br/>>.

232

### **Qual a importância da bacia hidrográfica no planejamento territorial?**

Com a Lei Federal nº 9.433/1997 (BRASIL, 1997), a bacia hidrográfica foi adotada como unidade de planejamento dos recursos hídricos, passando a ser de fundamental importância no gerenciamento territorial para atividades agrossilvipastoris, bem como nos estudos relacionados ao meio ambiente.

233

### **Como se pode delimitar, manualmente, uma bacia hidrográfica?**

Usando carta(s) topográfica(s) ou pares estereoscópicos de aerolevantamentos recobrimo a bacia hidrográfica de interesse, inicialmente deve-se localizar a seção de saída do curso d'água principal da bacia (exutório). A partir desse ponto, usando informações da rede de drenagem localizada a montante (rio acima) do exutório e das curvas e pontos altimétricos da(s) carta(s), procede-se à demarcação do divisor de água da bacia.

Essa delimitação pode ser feita usando-se o sistema de informação geográfica, a partir do georeferenciamento prévio da(s) carta(s) topográficas e posterior digitalização do limite da bacia, gerando assim, um arquivo vetorial (polígono). Apesar de rápido, esse método manual pode incorrer a imprecisões no traçado do divisor de águas. Também é possível delimitar a forma automatizada, a partir de um modelo digital de elevação (MDE) e procedimentos executados dentro de um sistema de informação geográfica (SIG).

234

### **Como obter mapas de drenagens?**

Mapas de drenagem podem ser obtidos de cartas topográficas ou a partir da identificação dos cursos de drenagem em pares estereoscópicos de fotos aéreas. Também é possível identificar os cursos d'água usando-se imagens de sensores remotos orbitais,

principalmente quando os produtos são considerados mais recentes, com elevada resolução espacial. Outra maneira de identificar as drenagens é por meio de métodos de geoprocessamento que simulam o escoamento da água na superfície do terreno, a partir de um modelo digital de elevação (MDE).

**235 Qual a importância dos modelos digitais de elevação (MDE) nos estudos hidrológicos?**

Calcular parâmetros importantes para estudos hidrológicos como:

- Declividade.
- Direção e acúmulo do escoamento superficial.
- Comprimento de rampa.
- Identificação de cursos d'água.
- Bacias hidrográficas, dentre outros.

**236 O que é um modelo digital de elevação (MDE) hidrológicamente consistente?**

É uma representação numérica do terreno que foi tratada para remover imprecisões ou erros que dificultem a delimitação das redes de drenagem e de bacias hidrográficas. Mais comumente, o procedimento consiste em remover depressões isoladas na superfície (sumidouros ou *sinks*), que impediriam o correto traçado da rede de drenagem.

**237 Como obter a rede de drenagem a partir de um MDE?**

De posse de um MDE hidrológicamente consistente, a rede de drenagem pode ser obtida usando-se ferramentas de geoprocessamento. Primeiramente, é preciso identificar a direção de fluxo do terreno, um procedimento que identifica o sentido do

escoamento da água na superfície, de acordo com a declividade e orientação das encostas.

Existem diferentes algoritmos que executam esse procedimento, sendo um dos mais comuns o algoritmo D8. Esse algoritmo considera que o escoamento de um determinado ponto pode ir apenas para uma das oito direções (N, NE, E, SE, S, SO, O, NO).

Em seguida é feito o acúmulo de fluxo, que calcula para cada célula (pixel) do MDE, o número de pixels que escoam para aquele local. Os pixels com elevado valor de acúmulo são identificados como sendo a rede de drenagem. O valor mínimo do mapa de acúmulo que identifica um curso d'água é definido empiricamente e varia de acordo com a região e a resolução do MDE.

238

### **Como se delimita uma bacia hidrográfica usando-se um MDE?**

O procedimento é semelhante ao usado para delimitar a rede de drenagem.

Primeiramente, é preciso gerar os mapas de direção e acúmulo de fluxo. Em seguida, existem, basicamente, dois procedimentos. Um delimita todas as bacias hidrográficas do MDE, de acordo com uma área mínima ou a partir da confluência de todos os canais de drenagem identificados no mapa de acúmulo de fluxo.

O segundo procedimento consiste em identificar as bacias a partir de seções de controle definidos pelo usuário do programa de geoprocessamento. É importante garantir que o ponto identificado como a seção de controle esteja realmente posicionado sobre uma célula com elevado valor de acúmulo de fluxo.

Muitas vezes, em decorrência de erros de posicionamento, a localização de uma seção de controle definida a partir de coleta feita em campo com aparelhos de GNSS, apresentam deslocamentos em relação ao MDE. Como cada Sistema de Informação Geográfica (SIG) é diferente, o usuário deve recorrer à documentação do pacote computacional adotado, para saber quais ferramentas devem ser utilizadas.

## 239 Como obter a área e o perímetro de uma bacia hidrográfica?

Caso a bacia tenha sido delimitada dentro de um sistema de informação geográfica (SIG), os pacotes computacionais apresentam ferramentas para o cálculo de área e perímetro de polígonos<sup>16</sup>.

## 240 Que parâmetros morfométricos de uma bacia hidrográfica pode-se obter a partir do seu limite e da sua rede de drenagem?

Usando-se arquivos vetoriais (*shapes*) do limite da bacia hidrográfica e da rede de drenagem e um SIG, é possível obter a área e o perímetro da bacia, além de outros parâmetros morfométricos como:

- Compacidade.
- Fator de forma.
- Índices de circularidade e de sinuosidade.
- Comprimento.
- Número.
- Hierarquia.
- Densidade de drenagem.

Inicialmente, os parâmetros morfométricos de uma bacia hidrográfica eram extraídos de fontes analógicas (cartas topográficas, etc.) por meio de procedimentos e cálculos manuais. Com o advento da computação e principalmente dos sistemas de informação geográfica (SIGs), a obtenção desses parâmetros foi otimizada a partir do uso dos modelos digitais de elevação (MDEs), rede hidrográfica digitalizada, ortofotos e imagens de sensores orbitais.

## 241 Qual a importância das estimativas de parâmetros morfométricos de uma bacia hidrográfica?

Sua importância é avaliada por suas várias aplicações, como:

- Na modelagem dos fluxos hidráulicos.

<sup>16</sup>Recomenda-se consultar o manual do SIG adotado, para se saber ao certo quais ferramentas devem ser usadas.

- No transporte e deposição de sedimentos e poluentes.
- Na previsão de inundações, contribuindo assim no planejamento do manejo da bacia hidrográfica.

242

### **O que são ottobacias e qual sua importância na gestão de recursos hídricos?**

Ottobacias são uma forma de codificar bacias hidrográficas, proposta pelo hidrólogo Otto Pfafstatter em 1989, que utiliza um método hierárquico para identificar as regiões hidrográficas e as bacias hidrográficas no Brasil. A identificação e a delimitação das bacias hidrográficas têm importância na gestão dos recursos hídricos, pois delimita as áreas de influência de um determinado corpo d'água.

243

### **O que são isoietas e como pode-se gerá-las usando o sistema de informação geográfica (SIG)?**

São linhas que identificam locais com precipitação igual, um conceito semelhante às linhas de cota num mapa topográfico.

Elas podem ser geradas a partir da interpolação de dados de estações pluviométricas ou a partir de dados de precipitação obtidos por sensores remotos, como os produtos do satélite *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM).

244

### **Quais os principais modelos de previsão das perdas de solo em bacia hidrográfica?**

O modelo mais conhecido e largamente usado em todo o mundo, para estimativa da erosão hídrica, é a Equação Universal de Perda de Solo (*Universal Soil Loss Equation* - USLE).

O desenvolvimento da USLE teve início a partir de 1950, nos Estados Unidos. Para atender as condições brasileiras, estimativas de parâmetros da USLE sofreram alterações, dando origem a Eups.



Novas pesquisas e experiências continuaram sendo conduzidas nos Estados Unidos, com o propósito de melhorar as estimativas das perdas de solo pela utilização da USLE, originando um novo modelo de predição da erosão denominado Equação Universal de Perda de Solo Revisada (*Revised Universal Soil Loss Equation – RUSLE*).

Tanto na Eups quanto na RUSLE, manteve-se a mesma estrutura da equação da USLE. No entanto, as formas de determinação dos fatores mudaram expressivamente. Esses modelos foram concebidos para calcular a média de perda de solo em áreas agrícolas. Com o advento do sistema de informação geográfica (SIG) e dos Modelos Digitais de elevação (MDEs), foram aplicadas diversas modificações nesses modelos, para estimar automaticamente a perda de solo em vertentes complexas, como bacias hidrográficas.

245

### **Como se pode mapear a perda de solo numa bacia hidrográfica, usando-se a USLE/RUSLE?**

Num sistema de informação geográfica (SIG) multiplicando-se os seguintes Planos de Informação (arquivos raster):

- Fator erosividade da chuva (Fator R).
- Fator erodibilidade do solo (Fator K).
- Fator comprimento da vertente (Fator L).
- Fator declividade da vertente (Fator S).
- Fator uso e manejo do solo (Fator C).
- Fator prática conservacionistas do solo (Fator P).

246

### **Como se pode gerar o mapa de erosividade das chuvas de uma bacia hidrográfica?**

Inicialmente são gerados valores de erosividade da chuva, a partir de dados de chuva de postos pluviométricos e/ou de pluviográficos georreferenciados, localizados no interior da bacia e no seu entorno. Usando-se o SIG, interpolam-se esses dados para gerar

o mapa de erosividade das chuvas. A krigagem é um dos métodos de interpolação espacial mais usado, entretanto para sua aplicação deve-se proceder a alguns testes preliminares. Outro interpolador recomendado é o Inverso do Quadrado da Distância (IQD).

247

**Quais os principais fatores do relevo que interferem no escoamento superficial da água e conseqüentemente na erosão hídrica do solo?**

Basicamente, são dois fatores:

**Primeiro fator** – É o comprimento da vertente, ou seja, o trecho percorrido pela água da chuva de um ponto mais elevado topograficamente, onde inicia o escoamento, até o ponto em que encerra a enxurrada, que ocorre normalmente quando a água é captada por um canal definido (curso d'água). Assim, quanto maior o comprimento da vertente, maior o potencial de erosão (Fator L da USLE/RUSLE).

**Segundo fator** – É a declividade do terreno. Quanto mais íngreme é o terreno, maior o risco de erosão (Fator S da USLE/RUSLE).

248

**Numa bacia hidrográfica, quais as contribuições da geotecnologia na estimativa da perda de solo?**

Entre as principais contribuições, pode-se mencionar o mapeamento das áreas de risco de erosão e a avaliação do impacto de diferentes cenários de uso das terras nas perdas de solo da bacia hidrográfica. Com o advento do Sistema de Informação Geográfica (SIG) e dos MDEs, foram desenvolvidos diversos algoritmos para estimativa automática do fator erosivo associado ao relevo de bacias hidrográficas. Além disso, a geotecnologia também contribuiu muito com a espacialização das classes de solos e com o uso das terras, necessários a modelagem da perda de solo.

### **Qual a diferença entre perda de solo e produção de sedimento de uma bacia hidrográfica?**

A perda de solo ocorre durante uma tempestade, quando a energia cinética da chuva desagrega, transporta e deposita partículas do solo. Essas partículas transportadas são depositadas ao longo da encosta ou em áreas planas. A produção de sedimento de uma bacia hidrográfica constitui a parte do solo erodido que atinge os cursos d'água e é transportada para fora da bacia. Portanto, produção de sedimento é a fração do solo erodido que atinge o exutório da bacia hidrográfica.

Assim, como nos processos de perda de solo, a perda de solo depende, principalmente:

- Do regime pluviométrico.
- Das propriedades dos solos.
- Das características do relevo.
- Da cobertura do solo.
- De práticas conservacionistas do solo.

### **Como se estima a produção de sedimento de uma bacia hidrográfica?**

Por meio de ferramentas que unem os sistemas de informação geográfica (SIG) aos modelos hidrossedimentológicos, possibilitando a espacialização da produção de sedimento de uma bacia hidrográfica. Um exemplo é a Equação Universal de Perda de Solos Modificada (*Modified Universal Soil Loss Equation – MUSLE*), que integra o modelo hidrológico *Soil and Water Assessment Tool* (SWAT). O SWAT simula diferentes processos físicos em bacia hidrográfica agrícola (evapotranspiração, infiltração, escoamento superficial, subsuperficial e subterrâneo). Para o ambiente SIG foi desenvolvida uma ferramenta específica para o modelo SWAT, denominada de ArcSWAT.

251

**Como se elaboram mapas de área de risco de inundação a partir de imagens de satélite?**

Na faixa do infravermelho próximo, a água e as áreas de solo úmido são representadas por tons de cinza. Normalmente, essa faixa corresponde à Banda 4 dos satélites Landsat e CBERS. Essa informação integrada com outras fontes, como por exemplo, uso da terra, relevo (MDE), dados de chuva e de vazão de cursos d'água, integradas por meio de um SIG, podem possibilitar a elaboração de um mapa de áreas de risco de inundação.

252

**O que é regionalização de vazão e qual sua importância em estudos hidrológicos?**

É um método estatístico da hidrologia que possibilita estimar a vazão média de longo prazo na rede de drenagem de uma bacia hidrográfica, em locais com ausência ou insuficiência de dados. Ferramentas de geoprocessamento podem auxiliar nos cálculos da regionalização e nas estimativas das vazões, facilitando a organização e análise dos dados.

A regionalização tem grande importância na previsão probabilística de riscos de enchentes e na disponibilidade hídrica de longo termo, para usos como a geração hidráulica de energia ou irrigação.

253

**Há como prever/simular por meio do software de geoprocessamento a área inundada por obras de repartimento para a construção de usinas hidrelétricas?**

Sim. Existem modelos complexos específicos para esse objetivo, incluindo ferramentas em Sistemas de Informação Geográfica (SIGs). No entanto, uma maneira mais simples e semiautomática é

com o modelo digital de elevação (MDE) e da rede de drenagem da área de construção da represa.

**Primeiro passo** – Definir o local da represa e a cota da sua lamina. Após a criação de um arquivo vetorial (linha) correspondendo à localização da represa, delimita-se a área a montante (rio acima) da usina hidrelétrica com a mesma cota da lâmina d'água dessa represa.

**Segundo passo** – Após a geração do vetor polígono correspondente à área inundada, é só aplicar funções métricas do SIG para calcular a área do espelho d'água.

254

### **Há como prever/simular, o ciclo hidrológico e a produção de água numa determinada bacia hidrográfica?**

Existem modelos matemáticos formulados justamente para simular fluxos de água e energia do ciclo hidrológico. Tais modelos apresentam diferentes graus de complexidade e cada um é mais adequado para determinadas situações. Existem, por exemplo:

- Modelos específicos para simular grandes bacias hidrográficas.
- Modelos mais adequados para simular pequenas bacias, incluindo-se o deslocamento de sedimentos e de pesticidas.
- Modelos para calcular inundações.
- Modelos para calcular a necessidade de irrigação, dentre outros.

255

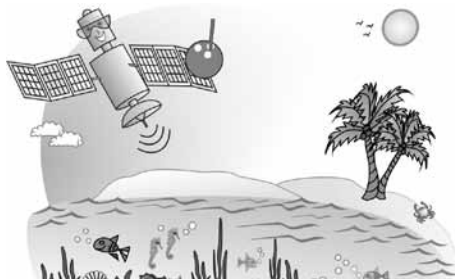
### **Como se deve proceder para se obter informações referentes ao balanço hídrico de referido município?**

Na internet, existem diversos sites que disponibilizam informações sobre balanço hídrico. Dentre eles, destaca-se o site do Instituto Nacional de Meteorologia e o sistema Agritempo.

256

**É possível detectar crescimento de vegetação aquática por meio de sensoriamento remoto?**

Sim. Os sensores remotos conseguem distinguir, facilmente, as áreas com crescimento de vegetação aquática dentro dos corpos d'água. Assim, pode-se usar essas ferramentas para estudos de eutrofização de lagos que causam proliferação de macrófitas.



257

**É possível identificar a descarga de sedimentos nos corpos d'água, por meio de sensoriamento remoto?**

Sim. Usando-se imagens de sensoriamento remoto com resoluções espaciais e com as bandas adequadas, é possível identificar as plumas causadas pela descarga de sedimentos em corpos d'água, como em rios, lagos, estuários e oceanos. Como exemplo, pode-se citar o Encontro das Águas dos rios Solimões e Negro, em Manaus, AM.

258

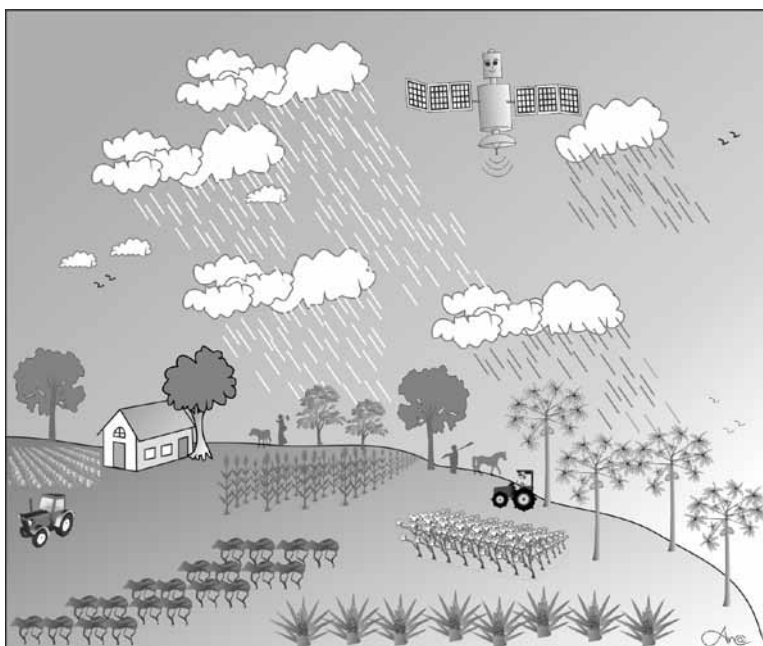
**Qual a finalidade da modelagem hidrológica?**

É utilizada para compreensão do ciclo hidrológico, simula o seu funcionamento podendo ser usada para avaliações de cenários futuros como alteração do uso/cobertura da terra ou mudanças climáticas. Em muitos casos, a bacia hidrográfica é o objeto de estudo e geotecnologias são imprescindíveis para esta modelagem, auxiliando no processo de descrição física da bacia, levando em consideração sua variabilidade espacial.

## Referência

BRASIL. *Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997*. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 9 de janeiro de 1997.

# 9 Agricultura



*Célia Regina Grego  
Cristina Aparecida Gonçalves Rodrigues  
Luiz Eduardo Vicente  
Édson Luis Bolfe  
Daniel de Castro Victoria*



259

### **Quais as aplicações das geotecnologias e da geoinformação na agricultura?**

As geotecnologias contribuem em diversos aspectos do cotidiano do agricultor e da agricultura. Como exemplo, podem-se destacar:

- O mapeamento de propriedades rurais.
- O mapeamento de culturas, solo e relevo das áreas agrícolas.
- A certificação de imóveis rurais por meio do georreferenciamento usando-se sistemas de posicionamento global por satélite.
- A localização e a quantificação das áreas de preservação permanente e reserva legal dentro da propriedade.
- A adequação ambiental da propriedade frente ao código florestal brasileiro.
- O apoio aos processos de financiamentos rurais por meio de zoneamentos de riscos climáticos.
- A gestão da propriedade com a agricultura de precisão.
- Análises da dinâmica de uso da terra.
- A ocupação do território vinculado à atividade rural.
- Apoio ao desenvolvimento de políticas públicas por meio da compreensão de processos como expansão, retração, transição e intensificação da agricultura.

260

### **Quais as metodologias usadas para mapear a agricultura brasileira?**

Existem diversas metodologias de mapeamento da agricultura. A classificação digital de imagens de sensores remotos pode ser feita através de interpretação visual das imagens ou a partir de métodos de processamento de imagem como classificação não supervisionada ou classificação supervisionada. Outros métodos mapeiam a agricultura de larga escala com algoritmos que processam índices de vegetação em séries temporais de imagens de satélite, ou seja, uma abordagem espectro-temporal.

261

**No Brasil, quais as culturas agrícolas de larga escala que podem ser mapeadas?**

Os mapeamentos da agricultura de larga escala incluem culturas de ciclo curto como<sup>17</sup>:

- Algodão.
- Arroz.
- Milho.
- Trigo.
- Soja.

262

**Que tipo de satélites/sensores é usado no mapeamento da agricultura brasileira?**

Para esse tipo de mapeamento, podem ser usados diversos satélites/sensores, destacando-se aqueles satélites disponíveis, gratuitamente, como:

- O *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS).
- Os satélites da série Landsat.



263

**Existe algum ruído e/ou interferência da atmosfera nessas imagens?**

Sim. A própria atmosfera interfere nas imagens captadas pelos sensores remotos. Por sua vez, a presença de nuvens também prejudica ou impossibilita a identificação do alvo na superfície. Como se isso tudo não bastasse, névoa e aerossóis, além de outras interferências, também alteram o sinal recebido pelo satélite.

<sup>17</sup>Muitas vezes, essas culturas são tratadas como uma só classe. Também existem mapeamentos feitos para a cultura da cana-de-açúcar e do café.

**264**

**Qual o procedimento que deve ser feito para diminuir esse tipo de ruído e/ou interferência?**

Quanto à interferência das nuvens, não existe um procedimento automático para remover nuvens de grandes regiões, a não ser que seja feito uma mistura de imagens de diferentes datas, onde as áreas com a presença de nuvens seja substituída por dados de outra imagem. Já os efeitos causados por aerossol ou névoa podem ser atenuados ou corrigidos usando-se métodos de correção atmosférica. Esses métodos podem ser mais simples, se baseados em formulações empíricas, ou mais complexos, quando baseados em modelos de transferência radioativa.

**265**

**Já é possível detectar e mapear diferentes culturas agrícolas no mesmo período do ano e região?**



Avanços tecnológicos estão sendo feitos para distinguir entre diferentes culturas como soja, milho e algodão. Informações secundárias, como o calendário agrícola da região, auxiliam em inferências sobre a área plantada de culturas agrícolas. Já culturas de ciclo longo, como cana-de-açúcar, café, citros e plantios florestais são mais facilmente identificadas, também em função da permanência de seu padrão espacial na paisagem.

**266**

**No Brasil, é possível mapear a agricultura familiar, com imagens de satélite?**

As imagens de alta resolução espacial, com resolução da ordem de 50 cm a 5 m, já permitem identificar áreas com pequenas

propriedades rurais, geralmente paisagens com estrutura mais complexa, e mosaicos diversificados de uso e cobertura das terras. No entanto, a aquisição e o processamento dessas imagens para extensas dimensões territoriais podem requerer investimentos de alta monta.

**267** **Outros países também podem mapear a agricultura brasileira, por meio de imagens de satélite?**

As imagens de satélite recobrem todo o globo. Assim, qualquer pessoa ou país pode obter e processar imagens de quaisquer localidades. Portanto, um país pode conduzir estudos sobre a área agrícola de outros países.

**268** **E o Brasil, também pode mapear a agricultura de outros países?**

Sim. O Brasil também pode mapear a agricultura de outros países, uma vez que as imagens dos sensores remotos orbitais estão disponíveis para todo o globo.

**269** **É possível mapear áreas irrigadas?**

Considerando alguns tipos de imagens com melhor resolução espacial e temporal, é possível identificar, mapear e quantificar áreas irrigadas. Também é possível usar métodos baseados em imagens termais. Durante o período seco, as áreas irrigadas mantêm elevadas taxas de evapotranspiração e apresentam maior fluxo de calor latente e menor fluxo de calor sensível que a região em seu entorno.

**270** **Além dos mapeamentos, que outras aplicações podem ser feitas na agricultura?**

O uso de geotecnologias permite realizar diversas análises de interesse da agricultura. Por exemplo, Sistemas de Informação

Geográfica (SIGs) podem ser usados para identificar áreas de interesse agrícola, com baixa declividade, tipos específicos de solo e condições climáticas. Assim, pode-se obter o zoneamento da área de interesse, identificando os locais mais aptos à prática agrícola e a locais onde esta não é recomendada. Igualmente, é possível conduzir estudos quanto à:

- Logística de produção para identificar áreas mais próximas aos centros consumidores e aos modais de transporte.
- Identificação e delimitação de áreas de preservação.
- Estudos para avaliar os impactos da erosão, dentre outros.

271

### **Esses estudos e análises dependem do tamanho da propriedade rural e da área avaliada?**

As técnicas de geoprocessamento podem ser aplicadas em diferentes níveis de análise. O cálculo de distâncias ou a delimitação de uma área de interesse a partir do cruzamento de atributos de solo e clima são procedimentos que podem ser aplicados tanto em escala local, no nível da propriedade, quanto em escala regional, nacional ou até continental. No entanto, algumas análises fazem mais sentido para determinadas escalas. Por exemplo, um zoneamento de risco climático, que identifica áreas aptas para atividades agrícolas em função do clima, são trabalhos realizados em escalas regionais, estaduais ou nacionais. Já a delimitação de áreas de preservação permanente, ou aplicações em agricultura de precisão são realizadas em escalas mais locais, no nível da propriedade rural.

272

### **Como funciona a agricultura de precisão?**

É um sistema de gerenciamento agrícola baseado na variação espacial de propriedades do solo e das plantas na lavoura. Utiliza o conjunto de técnicas e metodologias para otimizar o uso dos insumos agropecuários e o manejo das culturas. A adoção da agricultura de precisão permite ao produtor rural utilizar-se de manejo diferenciado no espaço e no tempo, como exemplo, o uso

racional de insumos na lavoura, garantindo a otimização do lucro, sustentabilidade e proteção do ambiente.

### 273 Quando e onde surgiu a agricultura de precisão?

Os primeiros registros da agricultura de precisão ocorreram no início do século 20. Na prática, remonta à década de 1980, quando na Europa foi gerado o primeiro mapa de produtividade e nos Estados Unidos fez-se a primeira adubação em doses variadas. No Brasil, as primeiras atividades datam de 1995, com a importação de equipamentos, especialmente colhedoras equipadas com monitores de colheita e uso de ferramentas de sensoriamento remoto e geoprocessamento.

### 274 Qual a diferença entre agricultura de precisão e agricultura convencional?

Essas diferenças são imperceptíveis e desprezadas:

**Agricultura de precisão** – Tornam possíveis as observações de uma área agrícola com olhar atento às diferenças no espaço e no tempo das principais características ambientais e agronômicas com uso de geotecnologias para elaboração de mapas.

**Agricultura convencional** – O manejo das lavouras é realizado pela média. Como exemplo, a aplicação de adubo na lavoura, baseado pela média de resultados da análise de fertilidade do solo da área plantada.

### 275 Qual a relação entre a agricultura de precisão e a geoestatística?

**Agricultura de precisão** – Utiliza ferramentas que consideram a variação no espaço das propriedades do solo e das plantas.

**Geoestatística** – É uma dessas ferramentas essenciais que permite uma visão espacial útil ao planejamento e ao

controle das informações de produção que variam de um local para outro, com algum grau de continuidade.

276

### **Qual o número ideal de pontos de amostragem para análise geoestatística?**

O número adequado de pontos de amostragem irá depender de uma série de fatores, como:

- Tamanho da área.
- Tipo de informação a ser amostrada.

As amostras devem ser suficientemente próximas, para conseguir caracterizar as possíveis manchas de variabilidade. Entretanto, deve-se analisar e planejar o número de coletas de dados, principalmente por meio do custo-benefício, pois um grande número de pontos amostrais aumenta o custo da operação e pode inviabilizar a implantação.

277

### **Como planejar a amostragem em geoestatística?**

A melhor forma de planejar a amostragem é levar em consideração dados auxiliares, como:

- Informações históricas da área.
- Mapas de solos, relevo, vegetação.
- Imagens de satélite ou fotografias aéreas, com as quais se possam identificar regiões com diferentes características, sendo possível direcionar as amostragens, concentrando-se nas regiões onde existir maior variação e diminuindo-se nos locais mais uniformes.

278

### **Quais os métodos de amostragem de dados para análise geoestatística?**

Desde que obtidos com coordenadas geográficas, esses dados podem ser oriundos de coleta in loco no campo, via método manual ou medido por:

- Sensores.
- Imagens de satélite.
- Fotografias aéreas.
- Levantamentos topográficos e censitários.

279

### **Qual o número adequado de amostras de solo na agricultura de precisão?**

Esse número depende do tamanho da área e do tipo de cultura:

- Em áreas mais homogêneas, os produtores brasileiros coletam em torno de uma amostra de solo a cada 5 ha.
- Em áreas mais heterogêneas, eles coletam uma amostra a cada 3 ha para áreas mais heterogêneas.

280

### **Quais os tipos de dados amostrados em agricultura de precisão e como georreferenciar esses dados obtidos?**

Qualquer informação que auxilie no gerenciamento do sistema de produção e que sejam passíveis de se obter espacialmente, tais como:

- Dados de solo (fertilidade, compactação, textura).
- Planta (índice da área foliar, biomassa).
- Água (qualidade), ar.

Os dados georreferenciados são os que possuem uma referência no espaço e podem ser obtidos arbitrariamente, apenas com a medição manual da distância entre pontos, ou via sistema de posicionamento global (GPS).

281

### **O que são sensores, na agricultura de precisão?**

São equipamentos eletroeletrônicos capazes de transformar uma grandeza física medida em campo, em informações em tempo real (sinal elétrico entendível). Em agricultura de precisão servem, por exemplo, para automação da aplicação de insumos nas lavouras



com taxas variadas, focada na dose certa de insumo proveniente da leitura do sensor.

282

### **Quais os tipos de sensores utilizados em agricultura de precisão?**

Os sensores podem ser remotos, orbitais e suborbitais. Novos sensores proximais estão sendo usados para gerar grande quantidade de observações em alta resolução espacial. Normalmente, esses sensores fazem medições por contato direto com o solo e com a planta, ou em distâncias de até 3 m em relação ao terreno:

- Sensores de posicionamento de campo que permitem a localização precisa dentro do talhão (latitude e longitude) e a medição de valores altimétricos.
- Sensores de produtividade que permitem quantificar parâmetros da produção em função da área colhida por fluxo ou por impacto.
- Sensores das propriedades de solo que quantificam os atributos.
- Sensores de cultivo que indicam o grau de desenvolvimento das plantas são os sensores ópticos de cultivo por infravermelho, laser e radares.

283

### **Como a imagem de satélite pode auxiliar na adoção da agricultura de precisão?**

Além de auxiliar no direcionamento da amostragem, a imagem de satélite fornece suporte no gerenciamento da produção, principalmente no monitoramento de safras, possibilitando a aquisição de dados da área das lavouras, desde a fase do plantio até a fase da colheita. Tais informações são úteis para o manejo e o monitoramento de safras, bem como na gestão e na logística da produção que acarretam:

- Aumento na produtividade.
- Diminuição de investimentos.
- Aumento dos lucros.

### **284 O que é variabilidade espacial?**

É a variação de algum fenômeno em estudo, considerando o espaço, ou seja, é a variação de um atributo associada ao espaço físico. Assim, considerando dois pontos genéricos e um dado atributo, existirá maior semelhança de um ponto em relação ao outro, quanto menor a distância entre eles.

### **285 O que são semivariogramas e para que servem?**

São representações gráficas da variação de um conjunto de dados em relação à distância e indicam ou não a existência da variabilidade espacial, a partir da menor distância até certo alcance de dependência espacial entre pontos.

### **286 O que é interpolação de dados e por que utilizar a geoestatística para essa interpolação?**

É a obtenção de maior quantidade de dados nos locais não amostrados a partir dos amostrados. A geoestatística utiliza o interpolador que garante a interpolação de dados sem tendência e com a variância mínima, ou seja, garante maior precisão nos valores interpolados. O interpolador mais usado em geoestatística é a krigagem.

### **287 Quais os passos para se proceder à análise geoestatística dos dados?**

Para se proceder à análise geoestatística, devem-se seguir os seguintes passos:

- Obter dados georreferenciados.
- Proceder à análise exploratória dos dados.
- Construir e ajustar o semivariograma.

- Identificar a dependência espacial.
- Interpolar os dados a partir dos parâmetros de ajuste do semivariograma.
- Construir os mapas de variabilidade.

**288**

### **Como são elaborados os mapas de produtividade e qual o objetivo?**

São elaborados mediante dados de produção da cultura no campo, coletados in loco ou por sensores. Esses dados são submetidos à análise de variabilidade espacial, ou seja, a geoestatística, em que são interpolados valores nos locais não amostrados e construídos mapas de produtividade para a área amostrada em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG). Esses mapas auxiliam no gerenciamento da propriedade agrícola no que se refere ao monitoramento da safra, auxiliando na gestão e na logística da produção. Com isso, há um diagnóstico da variabilidade espacial da produtividade ao longo da área ou talhão, que pode indicar o local no qual se pode realizar a aplicação localizada de insumos, diminuindo investimentos e aumentando os lucros.

**289**

### **O que é zona de manejo?**

É uma sub-região do campo que apresenta certa semelhança em relação à variabilidade espacial de outra região, identificada pela combinação de fatores limitantes de produtividade que pode ser manejada numa mesma taxa de aplicação de insumos.

**290**

### **Como é feita a aplicação localizada de insumos em agricultura de precisão?**

Pode ser feita manualmente ou por equipamentos e máquinas como semeadoras, pulverizadores e adubadoras equipadas com sensores, e controladores da dosagem do insumo a ser aplicado.

**291 A agricultura de precisão pode ser aplicada a pequenas propriedades rurais?**

Sim. A agricultura de precisão independe do tamanho da área, apesar de ter sido difundida no Brasil para grandes propriedades. Desde que o produtor considere a variabilidade espacial dos fatores de produção na área para realizar as operações agropecuárias, deixando de pensar pela média, a pequena propriedade rural já está adotando a agricultura de precisão.

**292 Em quais culturas agrícolas pode-se aplicar a agricultura de precisão?**

Em qualquer cultura agrícola, pode-se aplicar a agricultura de precisão. Em culturas anuais, perenes, semiperenes, temporárias, além de sistema de ILPF.

**293 Como a agricultura de precisão pode aumentar a produtividade das culturas?**

A agricultura de precisão permite amparar, tecnicamente, decisões estratégicas e complexas em relação à produtividade das diferentes culturas, contribuindo para o desenvolvimento de uma produção agrícola sustentável em longo prazo. Por considerar a variabilidade espacial dos fatores de produção, são identificadas as zonas de manejo onde se pode realizar manejo, intervenção e a aplicação localizada de insumos, tornando a área menos heterogênea.

**294 Quais os benefícios que a agricultura de precisão traz para o produtor e seus custos?**

Diante de um mercado cada vez mais exigente em qualidade dos produtos agropecuários e a sustentabilidade ambiental, ao adotar

a agricultura de precisão o produtor se beneficia pelo adequado gerenciamento da sua propriedade agropecuária. Maior controle das informações de produção, maior eficiência na utilização de insumos, dos serviços e, principalmente, dos recursos naturais solo e a água.

### **295 Qual o custo para se implantar a agricultura de precisão?**

Depende, principalmente, do tipo de cultura e do tamanho da área. No geral, os custos envolvidos na adoção da agricultura de precisão são principalmente os custos operacionais, relativos à amostragem e à análise do solo, à geração de mapas, aplicação à taxa variável, bem como os custos dos insumos usados para melhoria da fertilidade da área e de máquinas e equipamentos. Esses custos devem ser considerados como investimento, uma vez que a agricultura de precisão, quando bem adotada, visa melhorar a relação custo-benefício da atividade.

### **296 Qual o futuro da agricultura de precisão?**

Ao longo do tempo, a agricultura de precisão esteve associada à sofisticada tecnologia, incluindo programas computacionais e máquinas inteligentes. Atualmente, ela está ligada à capacidade gerencial dos produtores rurais que sabem utilizar, com precisão, as ferramentas necessárias para a produção de seus campos. Futuramente, considerando o crescimento da população com relação à área disponível para produção de alimentos, o aumento da produtividade será um fator fundamental para atender a demanda por alimentos. Por isso, os produtores serão cada vez mais exigidos quanto à tomada de decisão com base em sistemas inteligentes para sobreviver no ambiente mais competitivo e sustentável.

# 10 Pecuária



*Ricardo Guimarães Andrade  
Cristina Aparecida Gonçalves Rodrigues  
Janice Freitas Leivas  
Antônio Heriberto de Castro Teixeira*

297

### **Quais as principais aplicações das geotecnologias na pecuária?**

A aplicabilidade das geotecnologias é promissora no âmbito das ações de pesquisa, desenvolvimento e transferência de tecnologia para o setor pecuário. As imagens orbitais provenientes de sensores, com diferentes resoluções espectrais, temporais e espaciais, fontes de informações com possibilidades de aplicações:

- Na caracterização das áreas de sistemas integrados.
- No monitoramento espaço temporal das alterações.
- No uso e na cobertura das terras.
- Na correlação de parâmetros biofísicos, como índices de área foliar, biomassa e carbono.

298

### **Quais as vantagens dessas aplicações na pecuária e que informações são geradas?**

Essas ferramentas destacam-se pela capacidade operacional e o baixo custo de coleta, processamento, integração e análise de dados espaciais, que possibilitam a obtenção de dados e conhecimento a cerca dos recursos naturais existentes numa área geográfica, a geração de zoneamentos específicos baseados:

- Na capacidade de análise de banco de dados geoespacial.
- No desenvolvimento de modelos dinâmicos de cenários futuros para apoio ao planejamento de implantação de sistemas integrados de produção com o componente da pecuária, entre outros.

299

### **Quais os principais desafios das geotecnologias para a pecuária?**

Apesar dos significativos avanços tecnológicos, como disponibilidade de sensores com altíssima resolução espacial, temporal e espectral, bem como de inúmeras ferramentas de geoprocessamento

tanto gratuitas quanto comerciais, ressalta-se que as geotecnologias podem contribuir para tomadas de decisões sobre a produção para aliar produção com sustentabilidade econômica e ambiental.

### **300 Quais as metodologias para mapeamento de pastagens?**

Existem algumas técnicas já consolidadas no mapeamento das áreas de pastagens plantadas e nativas por meio de métodos de processamento digital de imagens e classificação que utilizam respostas espectrais de vegetação. São aplicadas técnicas de análise como séries temporais, modelos de mistura espectral ou a classificação por objetos.

### **301 O que é assinatura espectral de uma determinada pastagem?**

É o comportamento que determinada vegetação da pastagem possui ao longo do seu ciclo vegetativo e de como essas etapas do ciclo podem ser identificadas por meio de diferentes comprimentos de onda do espectro eletromagnético. Além das faixas do visível, os sensores também podem operar em outras faixas do espectro eletromagnético e detectar informações das pastagens (nativas ou plantadas) úteis na determinação de suas características vegetacionais.

### **302 Qual a vantagem de utilização de imagens de satélite no mapeamento de pastagens?**

A utilização de diferentes imagens de satélite é uma alternativa de identificação, diagnóstico e qualificação do comportamento da vegetação e do potencial produtivo de determinada área com pastagem natural ou implantada, uma vez que as informações derivadas provêm respostas rápidas e seguras, com custo baixo e em curto prazo.



**303** **É possível mapear pastagens degradadas por meio de geotecnologias e geoinformação?**

No caso do setor pecuário, a identificação, a quantificação e o monitoramento da produtividade das pastagens são assuntos de grande interesse. Com base nessas prioridades, é possível avaliar e mapear processo de degradação de pastagens por meio de análises de comportamento espectral dos alvos de interesse tanto no espaço quanto no tempo.

**304** **Como o mapeamento de pastagens degradadas pode contribuir para a sustentabilidade do setor pecuário?**

Esse aspecto é muito importante para questões que envolvem a sustentabilidade, pois a recuperação de pastagens degradadas tem sido de difícil implementação em decorrência da falta de informações atualizadas e detalhadas a respeito da distribuição espacial dessas pastagens.

**305** **O monitoramento de pastagens, por meio de imagens de satélite, é uma opção viável?**

Sim. Por ter custo mais baixo que o monitoramento local (in loco), as imagens de satélite podem auxiliar em processos de tomadas de decisões visando a melhoria dos sistemas produtivos locais. A Embrapa desempenha importante papel na pesquisa e no desenvolvimento de projetos relacionados à aplicação de geotecnologias com foco na sustentabilidade<sup>18</sup>.

**306** **Como a identificação de pastagens degradadas pode contribuir na formulação de políticas públicas do setor pecuário?**

As técnicas de sensoriamento remoto têm sido fundamentais por fornecer informações valiosas para a avaliação das condições

<sup>18</sup>Detalhes de alguns desses projetos podem ser obtidos no site da Embrapa Monitoramento por Satélite: <[www.cnpm.embrapa.br/projetos.php](http://www.cnpm.embrapa.br/projetos.php)>.

da vegetação. Inúmeras informações podem ser extraídas a partir da análise das bandas espectrais dos diferentes sensores orbitais. Apoiam, por exemplo, o governo (municipal, estadual e federal) no conhecimento da magnitude e da localização das regiões que precisam de maior atenção quanto ao desenvolvimento e aplicação de políticas públicas com foco em recuperação de pastagens degradadas.

**307** **Que tipo de política pública pode se beneficiar com a identificação e o monitoramento de pastagens degradadas?**

Existem alguns incentivos dos governos estadual e federal para aplicação de técnicas que favoreçam a produção agropecuária com sustentabilidade. Um exemplo é o programa do governo federal denominado de Agricultura de Baixo Carbono (ABC), que prevê, entre suas ações, a implantação de integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF) como sistema promotor da recuperação de áreas de pastagens degradadas.

**308** **Como as geotecnologias podem contribuir no monitoramento dessas políticas públicas?**

Em decorrência do relativo baixo custo da tecnologia, a possibilidade da repetitividade e da resolução compatível, o sensoriamento remoto pode contribuir para a discriminação de pastagens com diferentes níveis de degradação e posterior quantificação dessas áreas ao longo dos anos.

**309** **Como é feito o mapeamento de iLPF?**

O mapeamento com o iLPF está em franco desenvolvimento metodológico. Nesse caso, o diferencial em relação a uma pastagem convencional é o entendimento da dinâmica espacial e temporal dessas áreas. As geotecnologias têm potencial para caracterizar

diferentes componentes vegetais das culturas agrícolas, pastagens e florestas consorciadas por meio da utilização de sensores remotos com diversas resoluções espectrais, temporais e espaciais.

**310 Qual é a vantagem das técnicas de avaliação hiperespectral para conhecimento dos sistemas iLPF?**

É a possibilidade de se distinguir, com mais detalhamento, as culturas e os diferentes manejos da pastagem de maneira a mapear os sistemas diversificados de integração lavoura-pecuária-floresta.

**311 Como as geotecnologias podem contribuir para a qualificação da carne bovina nos mercados internos e externos?**

Podem contribuir no monitoramento das áreas de pastagens, bem como em análises espaçotemporais do rebanho bovino tanto na escala local quanto regional.

Essas análises podem auxiliar em questões de logísticas sendo útil para o planejamento pecuário e industrial, assim como pode influenciar a formação de preços dos produtos e a criação de políticas e implantação de programas de desenvolvimento regional.

**312 Qual a melhor resolução espacial, temporal e espectral para identificar e qualificar pastagens?**

Para identificar e qualificar pastagens não há um padrão preestabelecido de qual seria a melhor definição em termos de resolução espacial, temporal e espectral. Todos esses fatores são essenciais tanto em pesquisas destinadas à identificação quanto à qualificação de pastagens. A melhor combinação desses fatores vai depender de questões como:

- Dimensão da área.
- Aspectos relacionados à estrutura do dossel da vegetação.
- Tipo de solo.

- Relevô.
- Clima.
- Sistema de manejo das pastagens, entre outros.

**313**

### **Como os VANTs podem contribuir no mapeamento e na qualificação de pastagens?**

Com os VANTs é possível identificar e mapear áreas específicas de pastagens com grande rapidez em relação a outras tecnologias de sensoriamento remoto orbital. A partir dessas imagens, é possível identificar as divisões internas de propriedades e apoiar o manejo dos animais e das pastagens.

**314**

### **Qual a definição da pecuária de precisão?**

É um sistema de gerenciamento do sistema de produção animal confinado ou a pasto, baseado no manejo preciso, proveniente do desenvolvimento de projetos e produtos eletrônicos voltados à otimização da produção animal sem desperdícios, com saúde animal e bem-estar. É feita por meio do conhecimento do comportamento animal, do monitoramento e do controle de animais e rebanhos, adequação das instalações, da quantidade e da distribuição de água e alimentação (concentrados e/ou volumosos). As pastagens são bem manejadas por meio de técnicas e metodologias da agricultura de precisão.

**315**

### **Como a pecuária de precisão pode beneficiar o produtor rural?**

A pecuária de precisão pode facilitar o negócio da produção animal e trazer soluções de problemas como obter informações por meio do uso de ferramentas adequadas para atender as demandas de produtividade e qualidade do mercado.

### **316 O que é georrastreabilidade?**

É um termo recente, derivado da rastreabilidade. Rastreabilidade é uma escrituração zootécnica mais apurada, onde todas as informações referentes ao processo de produção devem ser levadas em consideração como:

- Manejo geral dos animais.
- Controle ambiental.
- Controle sanitário.
- Controle da nutrição (origem e qualidade dos insumos utilizados na formulação de suas dietas precisam estar claramente transcritas para que o produto chegue ao consumidor em condições favoráveis de aquisição e consumo).

A esse conceito, foi incorporado ao espaço geográfico uma análise integrada dos processos de produção, aliando as práticas tradicionais de rastreabilidade com a visão espacial e temporal do sistema de produção e dos animais.

### **317 Existem geotecnologias que contribuem para a pecuária de precisão?**

Sim. Existe a georrastreabilidade dos animais e rebanhos a qual faz uso:

De equipamentos eletrônicos e de um Sistema Global de Posicionamento (GPS).

- Do Sistema de Informação Geográfica (SIG) para interpretação e qualificação das pastagens.
- De GPS em animais e obtenção de informações georreferenciadas para entendimento da distribuição e do deslocamento espacial desses animais e monitoramento de suas atividades como pastejo, trajeto, descanso e ruminação em função da oferta e da preferência da dieta oferecida nas pastagens.

### 318 Por que se deve georrastrear a produção de alimentos?

Porque através do controle de todas as fases de produção, industrialização, transporte, distribuição e comercialização, a georrastreabilidade agrega qualidade ao produto, permitindo assegurar a origem e o manejo feito desde o campo até o prato do consumidor.



### 319 A partir da georrastreabilidade bovina, é possível identificar o frigorífico de origem e qual sua importância para a saúde pública?

Sim. Existe o Serviço de Inspeção Federal (SIF), que possibilita obter informações referentes ao frigorífico de origem tanto para carne in natura e embalada, quanto para os demais produtos derivados e de origem animal. Ao conhecer a origem da carne e das condições sanitárias no processo de produção, pode-se aplicar medidas preventivas, como interdição dos estabelecimentos insalubres e apreensão de mercadorias, evitando-se o consumo desses produtos.

### 320 Quais as premissas básicas para se implementar um sistema de georrastreabilidade bovina?

Para implementar um sistema de georrastreabilidade bovina, são necessárias as seguintes premissas:

- Identificação animal.
- Processamento, gerenciamento e armazenamento de dados.
- Auditoria dos dados a campo.
- Esse processo é estabelecido por meio do Regulamento Técnico sobre as Condições Higiênico-sanitárias e de Boas

Práticas de Elaboração para Estabelecimentos Elaboradores/Industrializadores de Alimentos, aprovado pela Portaria 368 de 1997, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa).

321

### **O que é Sistema de Identificação e Certificação de Bovinos e Bubalinos (SISBOV)?**

É um sistema de rastreabilidade implantado no País, em 2002. esse sistema é regulamentado pelas novas normas e procedimentos operacionais de rastreabilidade e identificação animal. As alterações foram determinadas pela Instrução Normativa SDA n. 21, de 02 de abril de 2004, para:

- Padronizar o selo de identificação.
- Auxiliar no combate e na eliminação de doenças.
- Aumentar a participação dos estados.
- Acompanhar a movimentação dos animais dos 40 dias de idade em diante.

O texto definitivo da Instrução Normativa nº 17, publicada em 14 de julho de 2006, estabeleceu nova estrutura. Esse sistema foi implementado visando atender às exigências fitossanitárias da União Europeia. A do pecuarista ao SISBOV é voluntária, desde que não faça exportação de carne de seus animais abatidos nos frigoríficos e nem tenha sua propriedade rural localizada em zonas livres de aftosa. O SISBOV é mandatário para exportação sob pena de proibi-la, quando julgar necessário.

322

### **No SISBOV, quais as regras estabelecidas aos estabelecimentos rurais para comercialização em mercados que exigem rastreabilidade?**

Com a Instrução Normativa nº 17, de 14 de julho de 2006, surge o Estabelecimento Rural Aprovado no SISBOV (ERAS), determinando as seguintes exigências principais:

- Cadastro do produtor e da propriedade.
- Protocolo básico de produção.
- Termo de adesão ao SISBOV.
- Registro de insumos usados nos estabelecimentos.
- Identificação individual de 100% dos bovinos e bubalinos da propriedade.
- Rastreabilidade da movimentação dos animais.
- Supervisão da certificadora credenciada pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (Mapa).
- Inspeções periódicas pela certificadora.

Conforme as novas regras estabelecidas, os estabelecimentos rurais aprovados no SISBOV ficam obrigados a identificar e registrar, individualmente, na base de dados do próprio SISBOV, todos os bovinos e bubalinos, incluindo os insumos usados nos estabelecimentos durante o processo de produção.

Por sua vez, o monitoramento dos estabelecimentos é de responsabilidade das agências certificadoras que definem o sistema computadorizado de registro mantido pelos estabelecimentos.

### **323** Quais as funções das agências certificadoras?

As funções das agências certificadoras são:

- Controle e registro da circulação e manejo de questões relacionadas à reprodução, à nutrição e à sanidade (vacinas, exames e tratamentos) dos animais de criação.
- Registro do fluxo de entrada e saída e do uso de insumos nos estabelecimentos.
- Identificação do animal pelo documento de identificação animal (DIA).

É obrigatório que todos os bovinos e bubalinos nascidos em rebanhos identificados sejam incluídos no programa. Caso a identificação seja perdida, a entidade certificadora pode dar andamento à solicitação de reidentificação, registrando a sequência de eventos.



324

### **O que o produtor deve comprovar para que o certificado do SISBOV seja autorizado?**

Ele deve comprovar que o sistema de produção, os programas sanitários e as características da propriedade rural estejam em conformidade com as especificações definidas pelas regulamentações e exigências do SISBOV.

325

### **Qual a importância da identificação animal no processo de georastreabilidade bovina?**

A identificação segura dos animais é a base para a maior parte das funções do sistema de manejo que resultam em progressos zootécnicos, controle e economia da produção. Qualquer método de identificação deve atender a um conjunto mínimo de requisito:

- Ser única, ou seja, o número deve ser encontrado apenas uma vez no rebanho
- Permanente, sem correr riscos de perda.
- Insubstituível, do nascimento ou aquisição do animal ao abate.
- Positiva, sem gerar dúvidas.
- Nesse aspecto, a identificação eletrônica dos animais se torna uma poderosa ferramenta ao interligar os elos da cadeia produtiva:
  - Produção.
  - Industrialização.
  - Comercialização da carne.

Outras ferramentas de práticas de manejo podem ser integradas a partir da identificação animal, como as balanças eletrônicas. Nesse caso, um sistema pode funcionar de forma que os animais sejam automaticamente identificados, pesados e contados, evitando-se erros nas anotações.

326

### **Quais as técnicas de identificação mais usadas na bovinocultura?**

Na bovinocultura, as técnicas de identificação mais usadas são:

- Brincos plásticos.
- Marcação a ferro quente no couro, entre outras.
- Etiquetas com código de barras.
- Colar.

Entretanto, esses sistemas apresentam falhas na visualização à longa distância e erro de leitura. Uma alternativa seria a aplicação de brincos eletrônicos, que podem ser incorporados a um *transponder*, com leitura feita por meio de um *display*, ou de um código de barras. O código de barras permite identificar o animal a partir de leitura a laser. A identificação também pode ser feita por:

- Microchip eletrônico.
- Fotografia digital da retina.
- Bolus ruminal.
- Análise do DNA.

327

**Em termos de viabilidade, a identificação e a georastreabilidade bovina podem ser analisadas de que forma?**

No rebanho bovino, a viabilidade da identificação eletrônica e da georastreabilidade pode ser analisada de duas maneiras:

- O consumidor aceita pagar mais pela carne de qualidade ou o pacote tecnológico proporciona aos pecuaristas ganhos em eficiência produtiva por meio de melhorias na gestão da propriedade, integrando os dados obtidos no campo.
- Deve-se buscar uma redução nos custos de produção para aliviar o impacto da adoção dessa tecnologia ao longo da cadeia produtiva.

328

**De que forma as ferramentas de tecnologia da informação (TI) podem contribuir na produção sustentável de bovinos, na propriedade?**

A utilização da TI contribui para:

- Agilizar os processos decisórios.

- Gerenciar programas de qualidade.
- Apoiar o uso de novas tecnologias.
- Inovar com produtos adequados ao mercado.

Com a aplicação da tecnologia da informação (TI), atividades da pecuária como cruzamento de animais, inseminações artificiais, aspectos nutricionais e sanitários de cada animal, peso, qualidade das pastagens, mobilidade animal, entre outros dados, podem ser armazenados em bancos de dados e posteriormente usados em sistemas voltados para extração de informação para tomada de decisão.

### **329 O que seria um sistema de geodescrição da bovinocultura?**

Refere-se a um sistema que integre geotecnologias e ferramentas específicas para determinar e autenticar a origem geográfica do gado, a adesão às práticas de produção e garantir qualidade e segurança alimentar com sustentabilidade do meio ambiente.

### **330 O que é Sistema de Identificação e de Rastreabilidade (SIR)?**

É o sistema de identificação e rastreabilidade das cadeias produtivas de alimentos dos países da União Europeia, dos Estados Unidos e do Canadá, voltado ao mercado interno e à importação. Assim, esses países também exigem o SIR dos países a que venham importar produtos agropecuários, visando a garantia da qualidade dos alimentos importados. No Brasil, nosso SIR é o SISBOV.

### **331 O que significa a sigla GTA?**

Significa Guia de Trânsito Animal (GTA), sendo necessária a emissão de nota fiscal e registros oficiais de serviços de inspeção de origem animal nos âmbitos federal, estadual e municipal.

**332**

### **Quais as tecnologias voltadas à rastreabilidade dos produtos agropecuários?**

As tecnologias atuais existentes referem-se à geoinformação ou informação com coordenadas geográficas que possibilitam a associação da localização geográfica dos produtos agropecuários aos tópicos de interesse zootécnico como origem do animal, procedência e filiação, saúde animal, raça, sexo, idade, manejo associado e tipo de alimentação.

**333**

### **Quais produtos oriundos da pecuária podem ser georrastreados, os grãos e outros produtos vegetais também podem ser georrastreados?**

Podem ser georrastreados<sup>19</sup>:

- Bovinos.
- Bubalinos.
- Suínos.
- Ovinos.
- Caprinos.
- Aves
- Pescados.
- Também podem ser rastreados produtos vegetais como:
- Soja.
- Milho.
- Trigo.
- Arroz, além de outros grãos, visando assegurar a origem, a qualidade e a segurança dos produtos obtidos.

**334**

### **Como a segurança alimentar é vista pela União Europeia?**

A Comissão Europeia identificou a segurança alimentar como uma de suas principais prioridades. Assim, foram impostas regras

<sup>19</sup>A rastreabilidade desses e de outros produtos agropecuários faz uso de aplicativos apropriados e específicos.

de regulamentação de mercado, fixando claramente as medidas e os métodos que definem as novas diretrizes a serem adotadas e são evidentes as referências que concernem à abertura dos mercados globais à carne bovina brasileira.

O *Livro Branco sobre segurança dos alimentos*, de 12 de janeiro de 2000, delinea os planos para uma nova política alimentar proativa:

- A modernização da legislação para torná-la um conjunto coerente e transparente de regras, reforçando os controles realizados da fazenda até a mesa e aumentando a capacidade do sistema de aconselhamento científico, de forma a garantir um nível elevado de saúde humana e de proteção ao consumidor.
- A legislação alimentar, tanto no nível nacional quanto no nível da União Europeia, estabelece os direitos dos consumidores a alimentos seguros e a informações genuínas e precisas.

335

### **Quais os objetivos da Legislação Alimentar da União Europeia?**

Tem o objetivo de harmonizar as exigências nacionais existentes para garantir a livre circulação de alimentos e alimentação na União Europeia (UE). A legislação alimentar reconhece o compromisso da UE com suas obrigações internacionais e será desenvolvida e adaptada levando em consideração padrões internacionais, exceto em situações nas quais esses padrões possam prejudicar o elevado nível de proteção ao consumidor almejado por essa organização.

336

### **A União Europeia estabelece alguma norma para garantir o bem-estar animal?**

Sim. O *Tratado de Amsterdã*, em vigor desde 1º de maio de 1999, estabelece, num protocolo especial sobre a proteção e o

bem-estar dos animais (*Protocol on the Protection and Welfare of Animals*), nova regra básica relacionada ao bem-estar animal para as ações da União Europeia (UE). Esse documento reconhece os animais como seres sencientes e obriga as instituições europeias a tomarem todos os cuidados relacionados às exigências de bem-estar dos animais ao formular e implementar a legislação da Comunidade.

O Protocolo de Proteção e Bem-estar dos Animais atribui à União Europeia a responsabilidade de legislar com o objetivo de melhorar o bem-estar dos animais e de impedir atos de crueldade e o abuso de animais nas áreas abrangidas pelo Tratado (como a Agricultura). Além disso, O novo tratado que estabelece uma Constituição para a Europa, assinado em 29 de outubro de 2004, pelos chefes de Estado ou de governo dos 25 estados membros e dos três países aspirantes e candidatos a membros, também estabelece o compromisso de garantir a proteção dos animais.

O Artigo III n. 121 estipula que a União Europeia e os estados membros devem levar em consideração todas as exigências relacionadas ao bem-estar animal, ao formular e implementar as diretrizes para:

- Agricultura.
- Pesca.
- Transporte.
- Mercado interno, Pesquisa e desenvolvimento tecnológico.
- Espaço da UE.

Essa observância deve respeitar as disposições legais ou administrativas e consuetudinárias dos estados-membros relacionadas, particularmente, a ritos religiosos, tradições culturais e herança religiosa.

337

### **Quais as regras gerais estabelecidas pela União Europeia para proteger os animais criados com objetivo de produção?**

As regras têm como base a Convenção Europeia para Proteção de Animais Mantidos para Produção (*European Convention for the*

*Protection of Animals kept for Farming Purposes*), e refletem as Cinco Liberdades adotadas pelo Conselho de Bem-estar de Animais de Produção (*Farm Animal Welfare Council*):

1. Ser livres de fome e sede – Ter acesso à água fresca e a uma dieta que proporcione vigor e saúde plena.
2. Ser livres do desconforto – Ter um ambiente adequado, com abrigo e uma área confortável para repouso.
3. Ser livres de dores, ferimentos e doenças – Ter acesso a prevenção ou tratamento rápido.
4. Ser livres para expressar o comportamento normal – Ter espaço e instalações adequadas, companhia de animais da mesma espécie.
5. Ser livres do medo e do estresse – Ter condições e tratamento que evitem sofrimento mental.

338

### **Existem regras estabelecidas pela União Europeia (UE) com relação ao bem-estar animal no transporte e no abate?**

Sim. A Comissão Europeia é simpática à adoção, pelo Conselho, em 22 de novembro de 2004, de um regulamento para a proteção de animais durante o transporte. Esse regulamento introduz ferramentas novas e mais eficientes de monitoramento, como a verificação de veículos por meio de um sistema de navegação por satélite a partir de 2007.

Segundo o Regulamento nº 1/2005 (CE) sobre a proteção de animais durante o transporte e as operações relacionadas, os sistemas de navegação por satélite serão obrigatórios em veículos de rodagem que transportam animais de criação durante períodos superiores a 8 horas. Para veículos novos, esse recurso tem obrigatoriedade a partir de janeiro de 2007 e, para todos os veículos, a partir de janeiro de 2009.

A legislação da União Europeia sobre práticas de abate tem o objetivo de minimizar a dor e o sofrimento dos animais por meio do uso de métodos de atordoamento e de abate adequados e aprovados com base em conhecimento científico e na experiência prática.

A primeira Diretiva do Conselho, 74/577/CE, sobre o atordoamento de animais antes do abate foi substituída, em 1993, pela Diretiva do Conselho 93/119/CEE, que abrange maior variedade de animais e de circunstâncias de abate.

**339 Qual a diferença entre segurança dos alimentos e segurança alimentar?**

**Segurança dos alimentos** – Trata da garantia dada aos consumidores de que irão ter acesso a alimentos de qualidade quanto à sanidade e ao valor nutricional.

**Segurança alimentar** – Diz respeito ao acesso da população aos alimentos em quantidade e em qualidade satisfatórias.

**340 Como a georastreabilidade contribui para a segurança dos alimentos?**

A georastreabilidade vem agregar valor e segurança aos alimentos a partir do conhecimento da procedência, do histórico (base de dados com informações da cadeia produtiva desde a propriedade ao mercado) e da localização precisa obtida via apresentação das coordenadas geográficas e certificação de origem.

A rastreabilidade faz parte de um sistema de gestão completo e eficiente, mas não necessariamente impede que ocorra algum incidente ligado à segurança dos alimentos, como uma contaminação química na armazenagem, por exemplo.

**341 O que são sistemas de RFID (*Radio Frequency Identification?*)**

São sistemas que utilizam a rádiofrequência e não o código de barras para identificar animais, e que permitem:



- A captura de informação por meio de leitores eletrônicos.
- A transmissão de arquivos de dados pela internet.

Esses sistemas funcionam a partir de uma antena que transmite a informação para um transceptor (dispositivo leitor do sinal e conversor de ondas de RFID para informações digitais) e uma etiqueta de rádiofrequência presa ao animal ou *chips* de inserção subcutânea nos animais.

### 342 Quais as vantagens e desvantagens do RFID?

**Vantagens:** a capacidade de armazenamento, leitura e envio dos dados para as etiquetas ativas, sendo possível a detecção sem a necessidade de visada direta, assim como durabilidade com possível reutilização.

**Desvantagem:** o custo elevado da tecnologia em relação aos sistemas de código de barras.

Além disso, existe a restrição de uso em materiais metálicos e condutivos em relação ao alcance de transmissão das antenas. Como a operação é baseada em campos magnéticos, o metal pode interferir, negativamente, no desempenho.

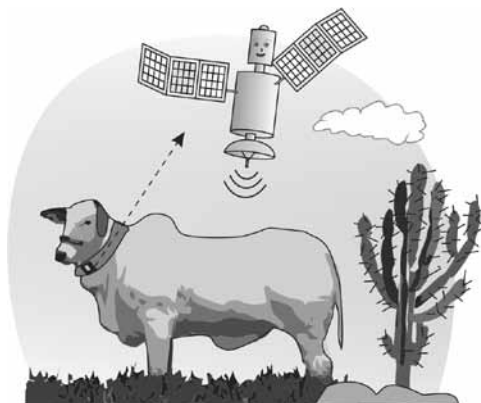
### 343 Como funciona o brinco de georastreamento bovino?

O brinco é composto de um chip eletrônico, aproximadamente do tamanho de uma cabeça de alfinete e é ligado a uma antena de captação de ondas eletromagnéticas com um fio de cobre. O número do chip é captado por uma antena, que pode ser instalada nos locais onde o boi transita.

Esses dados são enviados a um software, realizando o gerenciamento do rebanho. Os dados podem ser obtidos via leitora manual, como *scanners* de código de barras, possibilitando coletar informações e descarregá-las na sede da fazenda.

**Existe, no mercado brasileiro, algum chip ou algo similar que possibilite o monitoramento do deslocamento bovino via satélite?**

Atualmente, estão em fase de protótipos alguns equipamentos com aplicação no rastreamento de bovinos via satélite. Contudo, são apenas protótipos, ainda não se tem um produto em comercialização que tenha eficiência no monitoramento do rebanho por satélite. A Embrapa tem um projeto chama-



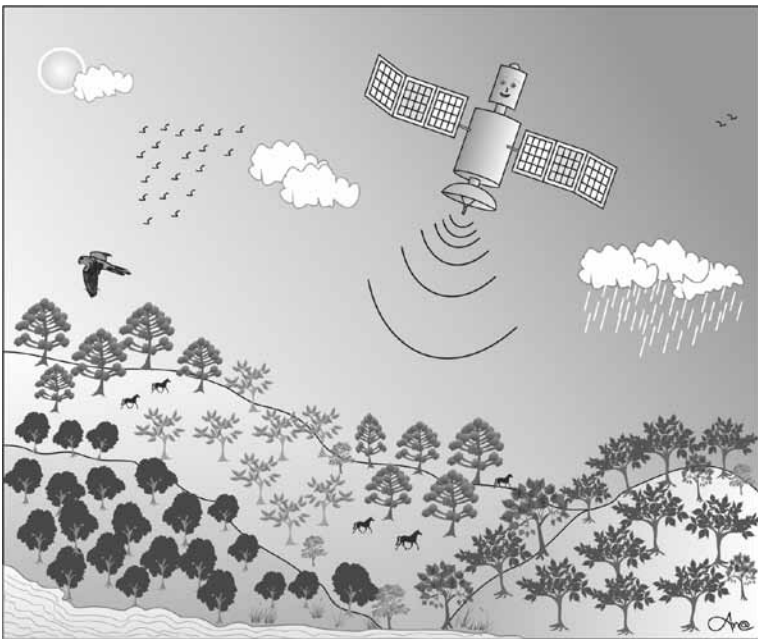
do de GeoRastro, que usa um protótipo de rastreamento no formato de colar<sup>20</sup>. Também existem iniciativas de algumas empresas como a do desenvolvimento de um brinco com possibilidade de monitoramento por satélite. Por enquanto, são iniciativas em processo de avaliação.

<sup>20</sup>Maiores detalhes podem ser obtidos em <<http://www.cnpem.embrapa.br/projetos/georastro/>>.



# 11

## Silvicultura



*Carlos Cesar Ronquim  
Ivan André Alvarez*

**345** **É possível identificar áreas de silvicultura com o uso de geotecnologias?**

Sim. Num mosaico com distintos usos e ocupação da terra, mesmo com áreas florestais nativas muito semelhantes aos reflorestamentos, é possível identificar as áreas ocupadas com silvicultura. Num Sistema de Informações Geográficas (SIG), é possível o posicionamento preciso dos dados espaciais, permitindo ainda relacionar a variação dos fatores envolvidos na produção com a sua localização espacial no campo.

**346** **Qual a cor e a textura predominantes das florestas exóticas plantadas nas imagens?**

Para responder a esta pergunta, primeiro, é necessário definir qual a imagem a ser analisada e a composição das bandas. Para o caso de imagens do satélite orbital Landsat-5 – sensor TM (composição 5R4G3B), as florestas plantadas assumem cor verde e com maior brilho que as demais coberturas vegetais. Esse comportamento é a resposta da banda quatro (infravermelho-próximo), mais sensível às superfícies homogêneas e ao conteúdo de água nas plantas.

**347** **Na análise das imagens, existe diferença entre floresta plantada e floresta nativa?**

As florestas plantadas se distinguem das nativas por apresentar valores de reflexão maiores na banda do infravermelho-próximo. Por se tratar de monocultivos, todos os indivíduos de cada área cultivada crescem igualmente. Essa característica confere homogeneidade ao dossel e à aparência de textura lisa nas imagens de satélite.

**348** **Qual o formato dos talhões florestais visto nas imagens?**

Na silvicultura, a escala comercial é normalmente caracterizada por grandes áreas contínuas plantadas. Como resposta ao nível de

tecnologia e manejo empregado no cultivo dessa matéria-prima, para uso comercial, os talhões têm alta simetria e uniformidade, podendo assumir formas geométricas como quadrados ou retângulos bem definidos. No entanto, o relevo onde a cultura se desenvolve pode ser o diferencial para definir as formas geométricas.

**349** **Quais os principais equívocos na identificação e na classificação de florestas plantadas com o uso de imagens?**

Por se tratar de culturas temporárias, a cada ciclo há colheita e plantio ou rebrota de novos indivíduos. Portanto, principalmente durante a primeira fase de crescimento destes reflorestamentos, ou seja, na fase jovem, elas podem ser confundidas com estádios iniciais e intermediários de sucessão florestal nativa ou com culturas agrícolas anuais, como milho e cana-de-açúcar.

**350** **As imagens de alta resolução minimizam os erros?**

Nas imagens de alta resolução espacial, o conhecimento e a experiência dos intérpretes podem minimizar significativamente esse problema de confusão. Nas imagens de média resolução, também há condição de minimização. No entanto, com maiores possibilidades de erros de omissão (quando áreas de eucalipto não são classificadas como eucaliptos, mas como outra classe de cobertura vegetal).

**351** **Em silvicultura, a geotecnologia pode ser aplicada ao controle de pragas?**

O uso de índices de vegetação obtido por imagens multiespectrais pode auxiliar aos técnicos e pesquisadores a identificar heterogeneidade na resposta da vegetação, indicando áreas onde os indivíduos podem estar sofrendo algum tipo de estresse, afetando diretamente o vigor vegetativo, expresso pelo índice de vegetação.

Nesses casos, supõe-se que as áreas onde é identificado estresse estejam sofrendo algum tipo de infestação por formigas, fungos ou outras pragas.

352

### **O uso da banda do infravermelho é o mais indicado para estudos da sanidade da vegetação?**

As bandas do infravermelho são bem sensíveis às condições da vegetação. Por isso, o infravermelho é muito usado para estudos da sua sanidade. A detecção de doenças de plantas, ou até mesmo sua quantificação por meio do sensoriamento remoto, baseia-se na radiação refletida das folhagens. Dependendo do tipo do sintoma na folha, tecidos infectados apresentam menor refletância na região do infravermelho, quando comparados com tecidos saudáveis, possibilitando a sua detecção e quantificação pelas diferenças de refletância.

353

### **O que é silvicultura de precisão?**



É a adoção de técnicas florestais baseada nas peculiaridades de cada local de plantio, a partir da espacialização georreferenciada e da temporalidade dos sistemas florestais.

Em especial, a qualidade do solo é avaliada por meio da geoestatística.

354

### **É possível identificar a deficiência de nutrientes nos plantios florestais por meio de imagens de satélites?**

Sim. Há uma forte relação dos nutrientes com a reflectância das plantas. A deficiência mineral pode trazer alterações nas con-

centrações de clorofila e afetar também a estrutura interna das folhas. Essas modificações foliares são percebidas na resposta espectral da vegetação. Alguns nutrientes – que fazem parte da molécula de clorofila, quando deficientes – provocam uma diminuição na energia luminosa, em decorrência da redução da produção de clorofila que é o principal pigmento responsável pela absorção de luz.

355

**É possível avaliar o desenvolvimento dos plantios florestais com o uso de geotecnologias?**

Sim. Uma das principais aplicações da geotecnologia na silvicultura é avaliar a taxa de crescimento. O uso de imagens de satélite de pelo menos dois períodos permite que seja estimada uma taxa de crescimento.

356

**Por meio de imagens aéreas, é possível estimar a produção silvicultural?**

Sim. Usando-se imagens corretas, pode-se estimar o volume de madeira a ser extraído de áreas florestais como eucalipto, pinus, acácia-negra (*Acacia mearnsi*), e teca (*Tectonia grandis*). Calculando-se a área plantada, o número de árvores plantadas por hectare e o volume útil de cada árvore, obtém-se uma estimativa de produtividade e produção bruta.

357

**A partir desses dados podem ser obtidas estimativas futuras de produção?**

Sim. A partir dos dados morfométricos da vegetação – adquiridos indiretamente pelas imagens e direto no campo – acompanhando-se o crescimento, obtém-se as equações alométricas das quais se extrai a produção futura.



358

**O *Light Detection and Ranging* (LiDAR) pode ser uma técnica para estimar a produção florestal?**

Ao inferir área basal, diâmetro, volume e biomassa pelos dados obtidos de altura das árvores e densidade, o sistema de varredura pode permitir a estimativa da produção.

O modelo digital criado pelo retorno da intensidade do sinal também indica a estrutura florestal e o solo, o que pode gerar informações não só de produção de florestas plantadas, mas de floresta nativa.

359

**De que forma as geotecnologias entram nos cálculos de MDL?**

Quando as geotecnologias ajudam a mensurar a biomassa da cobertura vegetal das florestas, há inferências para calcular o conteúdo de carbono e propor a silvicultura como um Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), contribuindo para a redução de emissões de gases de efeito estufa.

360

**Como protocolos de MDL podem contribuir para a silvicultura?**

A fixação de carbono nas árvores pode ser calculada em termos econômicos e ser uma forma de mecanismo de compensação desse elemento, com comercialização na forma de créditos no mercado internacional.

361

**As geotecnologias são ferramentas úteis e eficientes no trabalho de fiscalização dos plantios florestais?**

Sim. O monitoramento de áreas silviculturais baseia-se na coleta e análise de informações geoespaciais, viabilizando intervenções

na floresta, com acurácia e precisão adequada. As técnicas de geoprocessamento fornecem subsídios para a identificação e correlação das variáveis que afetam a produtividade florestal, através da sobreposição, cruzamento e regressão de mapas digitais do relevo e capacidade produtiva de povoamentos em Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

### 362 Os satélites podem detectar queimadas?

Sim. Os satélites podem detectar queimadas florestais por meio da identificação de focos de calor em bandas do infravermelho termal. No Brasil, os dados oficiais para monitoramento de queimadas são gerados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) e distribuídos de duas maneiras:



- Para o público em geral – Todos os dados e produtos ficam disponíveis para acesso livre na internet cerca de três horas após sua geração.
- Para usuários especiais com necessidades operacionais – A distribuição é imediata à sua geração, mediante contrato específico.

### 363 Por que é importante detectar queimadas florestais por satélites?

A rapidez e a eficiência na detecção e no monitoramento dos incêndios florestais são fundamentais para viabilizar:

- O controle do fogo.

- A redução dos custos nas operações de combate e atenuação dos danos.

Além disso, o conhecimento inadequado da localização do incêndio e a extensão da área queimada prejudicam a estimativa do impacto do fogo sobre o ambiente.

### **364 Quais queimadas florestais não são detectadas?**

Não é possível detectar as seguintes queimadas:

- Fogo rasteiro em floresta densa, sem afetar a copa das árvores.
- Queimadas em áreas com cobertura de nuvens.
- Queimada de pequena duração, ocorrendo entre as imagens disponíveis.
- Fogo em encosta não imageada pelo satélite.
- Imprecisão na localização do foco de calor.

### **365 Com o uso de geotecnologias é possível fazer a distinção entre incêndio florestal e queimada controlada?**

O mapeamento das queimadas não distingue queima controlada de incêndio florestal. No entanto, por dedução, podemos inferir que grandes queimadas com perímetro irregular são incêndios florestais.

### **366 A partir de que data desenvolveu-se a tecnologia de detecção de queimadas florestais por satélite?**

Em 1972, o lançamento do primeiro satélite Landsat possibilitou detectar alterações nas áreas florestais. Desde então, as imagens termais e do infravermelho médio têm sido usadas para detectar incêndios e para estudos de mapeamento, permitindo que áreas queimadas e não queimadas sejam detectadas através do contraste entre os gradientes térmicos.

367

**No Brasil, desde quando os satélites são usados para detectar queimadas florestais?**

Desde 1987, o sistema de detecção de queimadas por satélite vem evoluindo continuamente, no País, tendo sido aperfeiçoado a partir de 1998, mediante apoio do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama).

Contudo, atualmente quem monitora as ocorrências de incêndios em todos os estados brasileiros – por meio de sensores espaciais – é o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), por meio do Sistema de Monitoramento, Prevenção e Controle de Incêndios Florestais na Amazônia (Proarco).

368

**As geotecnologias podem auxiliar no planejamento de florestas plantadas?**

Sim. O planejamento de uma plantação, tanto em locais planos quanto em relevos acidentados pode ser feito utilizando-se modelos em três dimensões, com o auxílio de geotecnologias. Quanto às questões ambientais, os talhões podem ser planejados respeitando-se as áreas de preservação permanente.

369

**Como a geotecnologia pode ser aplicada no planejamento logístico do escoamento da produção no setor silvicultural?**

O planejamento logístico da retirada da madeira é uma das principais aplicações da geotecnologia na silvicultura, permitindo identificar estradas, pontes e rios navegáveis para escoamento mais viável da produção.

370

**Áreas de florestas plantadas podem ser identificadas por meio de imagens de satélite?**

Sim. As geotecnologias podem apoiar a identificação de áreas reflorestadas, diferenciando-as de áreas de mata nativa, por meio de informações contidas nas imagens como:

- Vigor da vegetação.
- Coloração e formato dos talhões.

**371 Qual a principal vantagem da captação de imagens por veículo aéreo não transportado (VANT) em relação à obtenção de imagens por satélite ou fotos aéreas?**

A grande vantagem é que os VANTs são uma solução rápida para acompanhar o dinamismo da floresta em escala local.

**372 Na colheita de talhões florestais pode ser empregado o uso de geotecnologias?**

Sim. Por meio da geotecnologia é feito um planejamento do corte de determinadas áreas, levando-se em consideração os estádios de desenvolvimento, posicionando-se as frentes de colheita e determinando-se as datas dos cortes.

**373 Na silvicultura, existem diferenças fotointerpretativas entre fotos aéreas e imagens de satélite?**

Tanto as fotografias aéreas quanto as imagens de satélite são úteis na condução de estudos de análise e caracterização do uso da terra, e no planejamento da silvicultura.

Contudo, as fotografias aéreas apresentam algumas limitações, no que se refere à sensibilidade espectral dos filmes fotográficos disponíveis, que nem sempre atendem às necessidades específicas de determinado estudo. Essas limitações podem ser contornadas com imagens orbitais dos sensores imageadores que registram dados em diferentes regiões espectrais.

**374 Quais as vantagens de se usar sensor multiespectral?**

O sensoriamento remoto multiespectral vem assumindo uma série de funções anteriormente atendidas pela aerofotogrametria com as seguintes vantagens associadas:

- Ao baixo custo por área específica.
- Aos aspectos diacrônicos (alta frequência de repetitividade da tomada de imagens) e sincrônicos da captação das imagens.
- Ao aspecto multiespectral das imagens.
- Ao caráter digital dos dados adquiridos.
- À facilidade de integração com bases de dados geocodificados, cartográficos ou numéricos, através de sistemas de informações geográficas.

375

### **Qual a importância da aplicação do sensoriamento remoto em reflorestamentos?**

Em decorrência do inamismo das atividades no setor silvicultural e pela importância desse setor na economia brasileira, surge a necessidade de se conhecer e avaliar os empreendimentos florestais, temporal e espacialmente, de forma rápida e segura, como passo prévio para seu manejo e exploração eficientes.

376

### **Quais as principais aplicações práticas do sensoriamento remoto em reflorestamentos?**

As aplicações práticas do sensoriamento remoto em reflorestamento são:

- Atualizações constantes do cadastro e dos mapas florestais.
- Planejamento de reforma de talhões.
- Determinação de áreas submetidas a corte raso.
- Avaliação de danos de incêndios florestais.
- Obtenção de informações em processos de compra e venda de áreas.
- Definições de áreas de reserva legal e de preservação permanente.

377

### **Atualmente, qual a importância das geotecnologias nas empresas silviculturais?**

As geotecnologias permitem gerar informações digitais reais, manejá-las e armazená-las eficientemente e fazer previsões para manejo futuro.

Nas empresas do setor florestal, uma atividade que exige monitoramento contínuo é o inventário de suas áreas plantadas, haja vista seu caráter dinâmico, caracterizado pela variabilidade de estádios de desenvolvimento e de espécies, variedades e clones de cada talhão, áreas afetadas por incêndios, pragas, controle de corte e plantio, entre outros fatores.

Contudo, essas características – inerentes aos plantios – inviabilizam o gerenciamento de suas atividades apenas com um banco de dados descritivo. Por isso, o componente espacial da informação para compor um Sistema de Informações Geográficas (SIGs) é de suma importância.

378

### **Qual a importância das geotecnologias no gerenciamento, no planejamento e no desenvolvimento do setor florestal?**

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) têm aplicações muito úteis na no setor florestal, para as empresas de reflorestamento e gerenciamento de plantações, por meio da reunião de várias informações sobre a época de plantio, condições do solo, produtividade das diferentes regiões, idade dos plantios, áreas com risco ambiental, controle de operações florestais, entre outros. Uma das razões para a utilização de SIG é a realização de análises espaciais das informações contidas num sistema composto por um grande número de variáveis.

379

### **Técnicas de sensoriamento remoto podem ser usadas para estimar a produtividade e a evapotranspiração de ecossistemas florestais?**

Sim, um exemplo é o índice de área foliar (IAF) que está diretamente relacionado com a produtividade e a evapotranspiração

de ecossistemas florestais. Para estimar a produtividade e a evapotranspiração existem modelos de interface floresta-solo-atmosfera, nos quais o IAF é a principal variável descritora do dossel vegetal. O IAF é utilizado para estimar a condutância do dossel, parâmetro-chave no modelo, a partir de valores amostrados para folhas individuais. A evapotranspiração do dossel pode ser utilizada para expressar o potencial de produtividade da cultura em determinado local e período.

### **380** Quais os satélites/sensores usados para mapear desmatamento?

Vários satélites são usados com essa finalidade. No Brasil, desde 1988, o projeto Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite (PRODES), coordenado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), gera informações anuais sobre as taxas de desmatamento na Amazônia Legal, com base em imagens dos satélites LANDSAT e CBERS. O Sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Real (DETER), desenvolvido pelo Inpe, também usa dados do sensor MODIS.

### **381** É possível identificar espécies florestais por meio de sensoriamento remoto?

Os estudos estão ainda em fase inicial e o que se tem em termos de protocolo é a tipificação da árvore quanto a alguns aspectos:

- Se é conífera.
- Se tem folhas largas.
- Se a copa é densa ou rala.
- Qual a textura e a arquitetura de copa.

Em termos de espécie, algumas foram identificadas, mas com o uso de bandas hiperespectrais a identificação seria possível.



382

**Inventários florestais podem ser aprimorados com base no uso de geotecnologias?**

Sim. O uso de imagens possibilita o planejamento prévio da ida ao campo, o que diminui os custos. Quando se tem em mãos o exato mapeamento da área, é possível priorizar os locais com maior homogeneidade para posterior agrupamento.

383

**Qual é a técnica mais simples para se fazer um inventário florestal?**

É a técnica da estratificação, baseada em segmentar e classificar uma imagem por meio da interpretação visual. Essa técnica pode:

- Agilizar o inventário, ao diminuir o número de parcelas a serem conferidas em campo.
- Minimizar erros de localização ou de classificação.

384

**Qual a vantagem das novas técnicas de avaliação hiperespectral para se conhecer os sistemas Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF)?**

Sua grande vantagem é permitir a distinção de distintas culturas presentes em sistemas diversificados de iLPF. É que sensores hiperespectrais possuem dezenas de bandas permitindo separar pequenas faixas do espectro eletromagnético.

385

**Quais as potencialidades de utilização de LiDAR na silvicultura?**

No caso do LiDAR aerotransportado, um sistema é instalado em uma plataforma móvel (normalmente avião), que sobrevoa superfície do terreno com a cultura de interesse (silvicultura, por exemplo), e assim gera imagens tridimensionais da superfície por

meio de pulsos de laser disparados em direção aos alvos de interesse. Os dados gerados permitem, por exemplo, observar falhas de plantio e estimar biomassa/produção a partir de validações de campo.

**386 As áreas de silvicultura podem manter a biodiversidade natural?**

Não, mas podem contribuir para a maior diversidade de espécies no meio agrícola, pois podem compor corredores de passagem para fauna.

**387 Como as geotecnologias poderão auxiliar as áreas de silvicultura a se adequarem às exigências ambientais?**

Entre as várias possibilidades, destaca-se o uso das geotecnologias para cumprir exigências do novo *Código Florestal Brasileiro*, como:

- Georreferenciamento do imóvel rural.
- Mapeamento, quantificação e qualificação de Áreas de Preservação Permanente e Reserva Legal.
- Cadastro Ambiental Rural.
- Programa de Regularização Ambiental.

**388 Como a proposta de implantar corredor ecológico conectando fragmentos florestais pode ser estudada pela ecologia da paisagem?**

A ecologia da paisagem estuda a relação entre fragmentos florestais e os índices de ecologia da paisagem medem qual o tamanho de um fragmento florestal, sua forma, a distância do núcleo de um fragmento para sua borda, a distância de um fragmento para outro e a sua espacialização geográfica. A partir da obtenção desses dados, por meio das geotecnologias, é possível avaliar quais as

necessidades de aumentar fragmentos e as possibilidades de uni-los por meio de corredores. Muitas espécies animais dependem de um determinado espaço para se locomover.

**389**

**Qual a diferença de se utilizar as geotecnologias na silvicultura urbana na silvicultura rural?**

A diferença básica é que no meio urbano existem outros fatores que são considerados além da questão espacial e das características da vegetação. Nas áreas urbanas o elemento arquitetônico e a morfologia urbana são acrescentados às interpretações dos dados levantados pelas geotecnologias.

**390**

**Como a silvicultura urbana e rural podem se integrar utilizando-se de técnicas de geoprocessamento?**

A integração pode ser realizada por meio dos corredores ecológicos traçados pelas análises espaciais. O desenho ambiental a ser realizado unirá as cidades e o meio rural de uma maneira gradual. Há a possibilidade de harmonia entre o serviço ambiental fornecidos pelo meio rural e a utilização desses pelas cidades de maneira a minimizar os impactos da antropização.

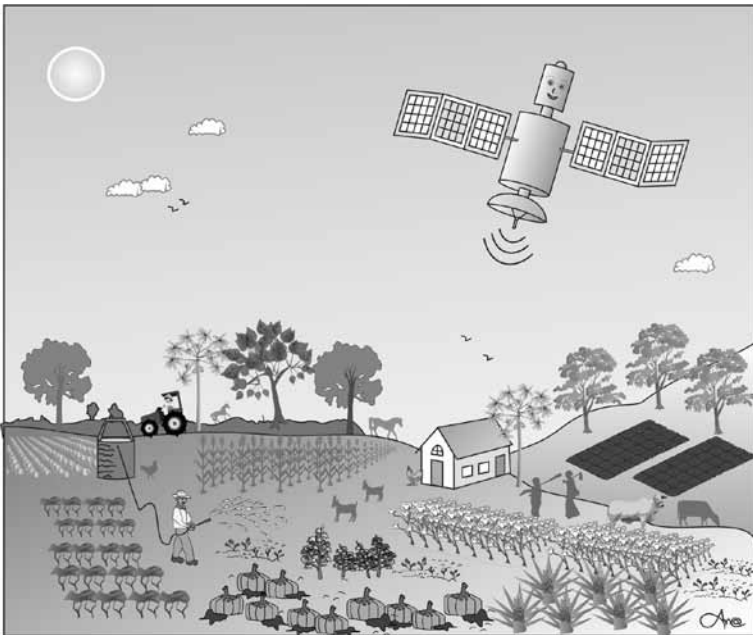
**391**

**Quais as perspectivas para a silvicultura em termos de uso de geotecnologias?**

O aperfeiçoamento das geotecnologias com novas análises a partir dos novos sensores nos satélites e das fotografias obtidas a partir dos VANTs permitiram avançar no do planejamento e manejo da silvicultura. Além disso, a possibilidade de aumentar a rapidez na captação de dados de crescimento da vegetação permitirá a tomada de decisão em tempo real. A novidade também é o incremento da silvicultura de nativas e a possibilidade da tecnologia fornecer subsídios para um delineamento (desenho) da paisagem conciliando com o plantio comercial de espécies.

# 12

## Adequação Ambiental Rural



*Cristina Aparecida Gonçalves Rodrigues  
André Luiz dos Santos Furtado  
Sérgio Gomes Tôsto*

392

### Como as geotecnologias podem apoiar a adequação ambiental rural?

As geotecnologias apoiam a adequação por diagnóstico ambiental da propriedade rural obtido da interpretação das paisagens observadas em imagens de satélite de alta resolução ou imagens de fotografias aéreas e checagem em campo. O processo de adequação da propriedade rural deve estar voltado à solução de problema ambiental detectado atrelado à adequação social e econômica, objetivando a sustentabilidade em longo prazo, a geração de empregos com inclusão social e a continuidade de atividades economicamente viáveis.

393

### O que é a adequação agrícola de uma propriedade rural?

É a implementação do uso das terras em relação à sua aptidão, avaliada com o uso de geotecnologias. Assim, a avaliação da aptidão agrícola das terras deve orientar o planejamento agrícola para uma diversidade de usos com diferentes manejos, considerando as condições edáficas e agrícolas dos solos (atributos físicos e químicos), fatores geomorfológicos, ecológicos e socioeconômicos da propriedade rural.

394

### Qual a diferença entre adequação ambiental e adequação agrícola de uma propriedade rural?

A diferença básica é a seguinte:

**Adequação ambiental** – Constitui-se na restauração das áreas de preservação permanente (APPs) e das reservas legais (RLs) da propriedade rural em déficit ambiental.

**Adequação agrícola** – Foca na aptidão agrícola da propriedade, considerando sua potencialidade e limitações, com a proposição de usos alternativos das áreas agricultáveis com baixa aptidão agrícola e orientação para aplicação de

tecnologias nas áreas com elevada aptidão agrícola. Ambas as adequações podem valer-se de geotecnologias como ferramentas de diagnóstico e de planejamento.

395

### **Por que promover a adequação ambiental de propriedades rurais?**

A adequação ambiental ou regularização ambiental rural é lei, desde o *Código Florestal* de 1965, e foi mantida com a revisão do novo *Código Florestal Brasileiro* (BRASIL, 2012b) de 2012, apesar de ter sofrido alterações significativas.

Ações direcionadas à preservação, à conservação e ao uso sustentável dos recursos naturais, como os solos, os recursos hídricos (rios, córregos e nascentes), o ar, a flora nativa e a fauna silvestre:

- Evitam a degradação ambiental.
- Melhoram a qualidade de vida das pessoas.
- São importantes para o sistema produtivo agrícola como um todo.

Algumas vantagens comprovadas com a adequação ambiental que se utiliza de geotecnologias para diagnóstico, mapeamento e planejamento, são:

- O aumento da produção e da produtividade.
- A redução do ataque de pragas.
- A redução no uso de agrotóxicos e de insumos.

396

### **O que é Cadastro Ambiental Rural (CAR)?**

É o cadastramento da propriedade rural via internet, na página do Ministério do Meio Ambiente<sup>21</sup>, sendo um dos desdobramentos do novo *Código Florestal Brasileiro* e promove a regularização ambiental de imóveis rurais. Foi institucionalizado em âmbito nacional, determinando sua obrigatoriedade conforme dispõe a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012b), artigo 29, e

<sup>21</sup>Disponível em: <[www.car.gov.br](http://www.car.gov.br)>

regulamentado pelo Decreto nº 7.830, de 17 de outubro de 2012 (BRASIL, 2012a).

O governo federal repassou para os estados e municípios a responsabilidade de executar o Cadastro dos Imóveis Rurais, todos georreferenciados. Algumas Unidades da Federação já possuíam sistemas próprios de cadastros de imóveis rurais. Atualmente, quase todos os estados do Brasil e Distrito Federal já aderiram ao Acordo de Cooperação Técnica para implantação do CAR.

### **397 O que é Sistema de Cadastro Ambiental Rural (SiCAR)?**

É o sistema informatizado ou ferramenta eletrônica que recebe, gerencia e integra os dados do CAR de todas as Unidades da Federação, desenvolvido pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) e criado pelo Decreto nº 7.830, de 17 de outubro de 2012 (BRASIL, 2012a), para armazenar as informações georreferenciadas e características das propriedades rurais (localização, perímetro, áreas de vegetação nativa, áreas de preservação permanente (APP), área de reserva legal (RL) e de uso restrito inscritas ou cadastradas no CAR.

Sua finalidade é formar um banco de dados nacional chamado de Sistema Nacional de Informação sobre o Meio Ambiente (Sinima), que conterá todas as informações ambientais georreferenciadas sobre as propriedades rurais do País, para diagnóstico ambiental (mapa digital).

### **398 O cadastramento no SiCAR é obrigatório?**

Conforme o Art. 6º do Decreto nº 7.830 de 17 de Outubro de 2012 (BRASIL, 2012a), a inscrição no CAR é obrigatória para todas as propriedades e posses rurais. Além disso, essa inscrição tem natureza declaratória e permanente, e conterá informações georreferenciadas sobre o imóvel rural, conforme o disposto no Art. 21.

399

### **O Cadastro Ambiental Rural (CAR) faz parte da adequação ambiental rural?**

Sim. O CAR georreferenciado é o primeiro passo à adequação ambiental e proporcionará, o conhecimento público daquela propriedade rural quanto ao seu uso, de acordo com a legislação ambiental, com foco na restauração das áreas legalmente protegidas, áreas de preservação permanentes (APPs) e reserva legal (RL) por meio do Programa de Regularização Ambiental (PRA).

400

### **Quais os benefícios obtidos pelos produtores rurais com o CAR?**

Em conformidade com o Ministério do Meio Ambiente (MMA), os benefícios são:

- A comprovação da regularidade ambiental.
- A segurança jurídica para produtores rurais.
- O acesso a linhas oficiais de crédito.
- Acesso aos programas de regularização ambiental.
- Instrumento ou ferramenta para planejamento ambiental do imóvel rural.

401

### **O que é o Programa de Regularização Ambiental (PRA)?**

É um programa estadual ou plano estadual que prevê a adequação da propriedade rural à legislação ambiental vigente a partir do CAR. Conforme o Art. 9º do Decreto nº 7.830 de 17 de outubro de 2012 (BRASIL, 2012a), os PRAs compreenderão o conjunto de ações ou iniciativas a serem desenvolvidas por proprietários e posseiros rurais, para adequar e promover a regularização ambiental com vistas ao cumprimento do disposto no Capítulo XIII da Lei nº 12.651, de 2012 (BRASIL, 2012b).

Somente com o CAR, será possível aderir, posteriormente, ao PRA. Assim, por meio do CAR/PRA, geram-se os Projetos de Recuperação de Áreas Degradadas (PRADs) ou Planos de Recuperação de Áreas Alteradas ou Degradadas (Prada).



402

### **Todas as propriedades rurais devem estar adequadas ambientalmente?**

Sim. Com o tempo, todas elas deverão estar adequadas ambientalmente, mas antes todos os produtores rurais deverão estar cadastrados no SiCAR.

Ainda não existe prazo expresso na Lei, para a validação do CAR. Conforme o Art. 21 do Decreto nº 7.830/2012 (BRASIL, 2012a), um ato do Ministro do Meio Ambiente estabelecerá a data a partir da qual o CAR será considerado implantado para os fins do disposto no referido Decreto.

403

### **O que é Sistema de Gestão Ambiental (SGA) e como está relacionado à adequação ambiental da propriedade rural?**

É uma ferramenta que constitui um conjunto de práticas, políticas e procedimentos que auxilia e facilita a adequação ambiental das propriedades rurais de acordo com a legislação ambiental vigente, com possibilidade de certificação e de redução dos impactos ambientais da atividade agrícola.

O produtor rural pode optar pela certificação (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004). As principais vantagens da certificação são a diferenciação e a agregação de valor dos produtos no mercado.

404

### **Pela análise da atual legislação ambiental (Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012b) e Lei nº 12.727, de 17 de outubro de 2012 (BRASIL, 2012c), há distinção entre adequação ambiental da pequena, média e grande propriedade rural?**

Sim. De conformidade com a legislação supracitada, há distinção entre as pequenas, médias e grandes propriedades rurais de

acordo com seu tamanho em área, determinado pelo número de módulos fiscais.

Um módulo fiscal pode variar de 0,5 ha a 110 ha [tamanho variável de acordo com a legislação municipal, seguindo o descrito na Lei 6.746 de 10 de dezembro de 1979 (BRASIL, 1979)]. As propriedades rurais são assim classificadas:

**Minifúndio** – Com até um módulo fiscal.

**Pequenas propriedades rurais** – Possuidoras de um até quatro módulos fiscais

**Médias propriedades rurais** – Acima de quatro até quinze módulos fiscais.

**Grandes propriedades rurais** – Aquelas com mais de 15 módulos fiscais.

405

**Existe um programa oficial de certificação ambiental em função da adequação ambiental rural?**

Não. A certificação ambiental da propriedade rural é um processo voluntário e feito por uma empresa certificadora. Entretanto, uma das exigências para se obter a certificação é justamente a adequação ambiental da propriedade rural que faz uso de geotecnologias por meio de bases de dados precisas dos limites das propriedades e informações de uso e cobertura da terra.

406

**Qual a diferença entre ecologia da restauração e restauração ecológica?**

Ecologia da restauração é a ciência que estuda os fundamentos técnico-científicos que ordenam a restauração do ecossistema. Restauração ecológica é o processo prático oriundo da Ecologia da Restauração, que restaura o ecossistema que está degradado. Aqui, as geotecnologias entram como:

- Importante ferramenta de auxílio no mapeamento.
- Classificação e monitoramento das áreas degradadas.

407

**O que é resiliência ecológica e por que ela deve ser considerada num planejamento das ações de restauração voltado à adequação ambiental?**

Existem diversas definições a respeito, mas a comumente aceita diz que resiliência ecológica é a capacidade de um sistema absorver perturbações, reorganizar-se e continuar a funcionar da mesma maneira que antes. Num planejamento ambiental voltado à restauração, deve ser considerada, pois caso o grau de degradação da propriedade rural seja elevado e a resiliência ecológica seja baixa ou quase nula, implicará em diferentes métodos de restauração.

O planejamento ambiental, voltado à restauração, também faz uso de delimitação e mapeamento do entorno e da área a ser restaurada.

408

**O plantio voltado à recuperação e à recomposição florestal nas APPs e RLs faz parte da adequação ambiental rural?**

Sim. Tanto as APPs como as RLs devem estar recuperadas e adequadas ambientalmente em todas as propriedades rurais. Para tanto, a Lei nº 12.651/2012 e a Lei nº 12.727/2012, assim como, o Decreto nº 7.830 de 2012 que regulamenta o CAR e o PRA, dizem respeito às obrigações ambientais legais das propriedades rurais de acordo com seu tamanho em módulo fiscal do município (BRASIL, 2012a, 2012b, 2012c).

409

**Segundo o Código Florestal Brasileiro vigente, como proceder para recompor ou recuperar a Reserva Legal, para isso, são usadas geotecnologias?**

Sim. Por meio de imagens de satélite de alta resolução ou fotografias aéreas, é feito o mapeamento do uso e cobertura das terras da propriedade rural.

Após a delimitação e zoneamento, faz-se o diagnóstico, a caracterização ambiental e a obtenção das áreas a serem restauradas. Elabora-se então o Plano de Recuperação de Áreas Alteradas ou Degradadas (Prada) com os instrumentos obtidos pelo Programa de Regularização Ambiental (PRA) do Decreto nº 7.830, de 17 de outubro de 2012 (BRASIL, 2012a) (Capítulo III).

410

### **Qual a importância do uso de geotecnologias na adequação ambiental rural?**

As geotecnologias são ferramentas de suma importância para:

- Diagnóstico ambiental.
- Mapeamento temático.
- Avaliação de impactos ambiental.
- Ordenamento territorial.
- Previsões ambientais.

A partir do sensoriamento remoto e de técnicas de geoprocessamento, tem-se um mecanismo rápido, econômico e eficiente, voltado ao levantamento e ao mapeamento do uso das terras e de áreas ambientais protegidas por lei, promovendo a adequação ambiental com ênfase à restauração, em cumprimento da legislação ambiental.

411

### **Todas as propriedades rurais brasileiras apresentam as mesmas adequações ambientais?**

Não. Cada propriedade rural assim como cada uma de suas áreas identificadas no zoneamento de diferentes usos e cobertura das terras, deverá apresentar caracterização própria, pois possui localização, histórico de uso da área e composição dos padrões



espaciais da paisagem diferenciados. Assim, as ações de restauração florestal devem ser apropriadas às condições ambientais encontradas em cada área, visando o sucesso ambiental (plantio e autorrecuperação) em menor tempo e custo financeiro.

412

**Numa propriedade rural, quais as ações voltadas à recuperação de áreas degradadas?**

As ações a serem executadas dependem da situação ambiental, do grau de degradação e do grau de resiliência de cada uma das áreas identificadas no zoneamento ambiental das propriedades rurais.

413

**Quais as geotecnologias usadas no programa de adequação ambiental das propriedades rurais?**

No programa de adequação ambiental das propriedades rurais, as geotecnologias mais usadas são:

- Uso de sensoriamento remoto (imagens de satélite de alta resolução e fotografias aéreas).
- Geoprocessamento (processamento digital das imagens, SIG e softwares).
- Sistemas Globais de Navegação por Satélite (GNSS), como o GPS, o GLONASS ou o Galileo.

414

**O que se deve considerar num mapeamento voltado à adequação ambiental de uma propriedade rural?**

Consideram-se, principalmente, as determinações do Programa de Regularização Ambiental (PRA), sendo que as áreas de APPs devem obrigatoriamente apresentar recomposição das respectivas faixas marginais, de acordo com o tamanho da propriedade rural em módulo fiscal do município e de conformidade com as RLs.

415

**Os governos federal, estadual e municipal são responsáveis pela fiscalização e pela adequação ambiental nas propriedades rurais?**

Os governos federal, estadual e municipal possuem órgãos específicos responsáveis pela preservação, conservação, defesa e recuperação do ambiente. Em suas esferas de competência, esses órgãos têm a obrigação legal de fazer valer os imperativos da Política Nacional de Meio Ambiente, seus mecanismos e instrumentos, mesmo que não exista, no nível estadual ou municipal, norma ambiental própria. Geralmente, a estrutura ambiental dos sistemas estaduais e municipais apresenta semelhanças com a estrutura federal.

416

**As Unidades de Conservação de Proteção Integral e as de Uso Sustentável (UCs) além das Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPNs), também devem apresentar adequação ambiental da área?**

Sim. As UCs e as RPPNs também devem apresentar adequação ambiental de suas áreas com uso de mapeamento e diagnóstico. Para essas áreas, existe normatização de ações específicas no manejo e na conservação das espécies da biodiversidade brasileira, Plano de Manejo da Unidade de Conservação (PMUC).

417

**Quais conjuntos de programas de geoprocessamento são usados na elaboração do Plano de Adequação Ambiental Rural?**

A escolha do *software* depende de vários critérios. No mercado, existem alguns produtos, entre eles, alguns gratuitos e outros comercializados. Os interessados na elaboração do Plano de Adequação Ambiental devem considerar os seguintes tópicos:

- Custo de aquisição e de manutenção da licença, compatibilidade com o sistema operacional do hardware do usuário,

disponibilidade do software trabalhar com processamento digital das imagens a serem utilizadas para mapeamento da propriedade rural.

- Disponibilidade e facilidade em obter suporte de empresas ou comunidades.
- Qualidade, flexibilidade, robustez, eficácia e disponibilidade das ferramentas direcionadas ao processamento digital das imagens e das interfaces com a disponibilidade de funcionalidades avançadas, que permitam a exportação e a importação de diversos formatos de arquivos.

418

### **Atualmente, quais imagens de satélite estão disponíveis ao produtor rural no mapeamento do uso e na cobertura da propriedade rural a ser adequada ambientalmente?**

Por enquanto, ainda não existem imagens de satélite disponíveis gratuitamente para o produtor rural e que sejam apropriadas para o diagnóstico, mapeamento e adequação ambiental da propriedade rural. As imagens apropriadas para essa finalidade são de alta resolução e com resolução espacial inferior a 5m, disponíveis aos governos estaduais, por meio do Ministério do Meio Ambiente (MMA).

419

### **Para cadastrar a propriedade rural no SiSCAR, exige-se uma Anotação de Responsabilidade Técnica (ART)?**

Não. Para esse cadastramento não é necessária uma ART, mas em decorrência da complexidade do programa, o governo trabalha na capacitação de órgãos ambientais para que estes auxiliem os produtores rurais.

A partir do momento em que é feito o cadastramento da propriedade rural no SiSCAR o proprietário já cumpriu a Lei em relação ao CAR<sup>22</sup>. Assim, esses dados seguirão para validação pelos técnicos responsáveis.

<sup>22</sup>O prazo para cadastramento só terá início, quando o CAR for implementado.

420

**Quais ações devem ser executadas numa propriedade rural, para que ela se torne adequada ambientalmente?**

Primeiro, deve-se fazer o CAR da propriedade no SiCAR. A seguir, faz-se o zoneamento ou mapeamento de seu uso e cobertura das terras (áreas agricultáveis, áreas agrícolas abandonadas, áreas de APPs, fragmentos florestais remanescentes, áreas de várzea, área com afloramento rochoso, corpos d'água, nascentes, rios e córregos, construção e edificações rurais e outros) com utilização de imagens de satélite de alta resolução ou fotografias aéreas, seguida de aferição em campo.

Após o mapeamento, faz-se o diagnóstico e identificam-se as áreas degradadas ou ocupadas irregularmente com a finalidade de adequá-las ambientalmente. A seguir, definem-se as áreas que deverão passar pelo processo de restauração ecológica. Finalmente, constrói-se um plano de restauração, recuperação e manejo da propriedade, visando-se à regularização ambiental.

421

**Existe algum programa ou conjunto de programas livres de geoprocessamento que possa ser usado na elaboração do Plano de Adequação Ambiental Rural?**

Sim. O conjunto de programas livres que pode ser usado na elaboração do Plano de Adequação Ambiental Rural é o mesmo para o mapeamento do uso e da cobertura das terras. Alguns exemplos de software livre disponível são o Quantum GIS, o gvSIG, o Spring, o GRASS e outros.

422

**É possível identificar todas as situações ambientais de uma propriedade rural como sua condição de degradação, por meio do uso de imagens de satélite?**

Quanto maior a resolução espacial, melhor a identificação do uso e cobertura das terras. Imagens com 5m de resolução espacial, já permitem identificar os recursos naturais como as nascentes e a delimitar APPs e RLs de uma propriedade rural.



423

**E o que dizer da identificação das situações ambientais de uma propriedade rural por meio da fotointerpretação da imagem aérea, é também possível?**

Sim. Essa identificação também é possível, desde que existam dados de alta resolução espacial e que tais dados permitam distinguir construções rurais, culturas agrícolas, vegetação etc.

424

**O Certificado do Cadastro de Imóvel Rural (CCIR) também contempla a adequação ambiental?**

Conforme a definição do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (Incra), o CCIR é o documento emitido pelo Incra que constitui prova do Cadastro do Imóvel Rural, sendo indispensável para desmembrar, arrendar, hipotecar, vender ou prometer em venda o imóvel rural e para homologação de partilha amigável ou judicial (sucessão causa mortis) de acordo com os parágrafos 1º e 2º do art. 22 da Lei nº 4.947, de 6 de abril de 1966 (BRASIL, 1966), modificado pelo art. 1º da Lei nº 10.267, de 28 de agosto de 2001 (BRASIL, 2001).

O Cadastro de Imóvel Rural não contempla a adequação ambiental do imóvel, mas somente a localização geográfica por meio de métodos de levantamento topográfico, a descrição dos limites, as características e confrontações deste, por meio de um memorial descritivo que deve conter as coordenadas dos vértices definidores dos limites dos imóveis rurais, georreferenciadas ao Sistema Geodésico Brasileiro, (art. 176, § 4º, da Lei nº 6.015/73, com redação dada pela Lei nº 10.267/01) (BRASIL, 1975, 2001).

425

**O que é e o que representa o Sistema de Gestão Fundiária (SIGEF)?**

O SIGEF é um sistema desenvolvido pelo Incra e pelo Ministério de Desenvolvimento Agrário (MDA) para a gestão de informações

fundiárias do meio rural brasileiro, no qual serão efetuadas a recepção, a regularização e a disponibilização das informações georreferenciadas de limites dos imóveis rurais, públicos e privados, para certificação de dados e conseqüente subsídio à governança fundiária do território nacional.

426

### **O que é Sistema Nacional de Cadastro Rural (SNCR) e o que representa?**

É outro sistema informatizado da Administração Pública, desenvolvido pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA)<sup>23</sup>, voltado aos gestores e usuários autorizados do Incra, responsáveis pela emissão do Certificado de Cadastro de Imóvel Rural (CCIR).

427

### **As geotecnologias são importantes para os corredores ecológicos e qual a diferença entre corredor ecológico e corredor de biodiversidade?**

Sim. Os Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) são importantes na definição e no mapeamento de corredores ecológicos que possam ser implantados em áreas estratégicas e viáveis, em acordo com a adequação ambiental rural das propriedades rurais.

Não existe diferença na conceituação entre corredor ecológico e corredor de biodiversidade. Tanto um quanto o outro referem-se a estratégias de gestão da paisagem. Por definição do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) e de conformidade com a Lei 9.985, de 18 de julho de 2000 (BRASIL, 2000), corredores ecológicos são instrumentos de gestão e de ordenamento territorial que garantem a manutenção dos processos ecológicos nas áreas de conexão entre Unidades de Conservação (UCs), o que permite:

- A dispersão de espécies.
- A recolonização de áreas degradadas.

<sup>23</sup>O SNCR é subordinado ao Serviço Federal de Processamento de Dados (Serpro).

- O fluxo gênico.
- A viabilidade de populações que demandam mais do que o território de uma Unidade de Conservação (UC), para sobreviver.

## 428 Como as geotecnologias auxiliam a fauna silvestre?

As geotecnologias auxiliam não apenas a fauna silvestre, mas também a flora, de forma direta e indireta, por meio dos Sistemas de Informação Geográfica (SIGs), que facilitam o monitoramento animal que ajuda a identificar os principais habitats de cada espécie e analisar quais recursos mais utilizam na paisagem:

**De forma direta** – Normalmente, esse monitoramento é feito por sensores que emitem sinais numa frequência específica que permite acompanhar seu deslocamento na paisagem.

**De forma indireta** – Apoiando a implantação de corredores ecológicos. Por meio desses corredores, promove-se a conexão de fragmentos florestais ou outras formações vegetacionais, o que favorece o aumento do fluxo gênico das populações de fauna e de flora (que é dispersa pela fauna), e principalmente, o aumento da área disponível para a fauna sobreviver.

Existem leis ambientais e diversas publicações técnico-científicas que corroboram com os benefícios da conexão entre fragmentos florestais, em decorrência da sua importância para a reprodução entre indivíduos da fauna e da flora de diferentes fragmentos, sem perda da variabilidade genética natural e sem declínio genético das espécies.

## Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14001**: sistemas de gestão ambiental: requisitos com orientações para uso. 2. ed. Rio de Janeiro, 2004. 27 p.

BRASIL. Decreto nº 7.830, de 17 de outubro de 2012. Dispõe sobre o Sistema de Cadastro Ambiental Rural, o Cadastro Ambiental Rural, estabelece normas de caráter geral aos Programas de Regularização Ambiental, de que trata a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 out. 2012a.

BRASIL. Lei nº 4.947 de 6 de Abril de 1966. Fixa Normas de Direito Agrário, dispõe sobre o sistema de organização e funcionamento do Instituto Brasileiro de Reforma Agrária, e dá outras Providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 11 abr. 1966.

BRASIL. Lei nº 6.015 de 31 de dezembro de 1973, que dispõe sobre os registros públicos, e dá outras providências, e republicada no DOU de 16.9.1975 (Suplemento), de acordo com o art. 2º da Lei nº 6.216, de 1975, com as alterações advindas das Leis nº 6.140, de 28/11/1974 e 6.216, de 30/6/1975. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 16 set.1975.

BRASIL. Lei nº 6.746 de 10 de dezembro de 1979. Altera o disposto nos arts. 49 e 50 da Lei nº 4.504, de 30 de novembro de 1964 (Estatuto da Terra), e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 11 dez. 1976.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 19 jul. 2000.

BRASIL. Lei nº 10.267, de 28 de agosto de 2001. Altera dispositivos das Leis nºs 4.947, de 6 de abril de 1966, 5.868, de 12 de dezembro de 1972, 6.015, de 31 de dezembro de 1973, 6.739, de 5 de dezembro de 1979, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 29 ago. 2001.

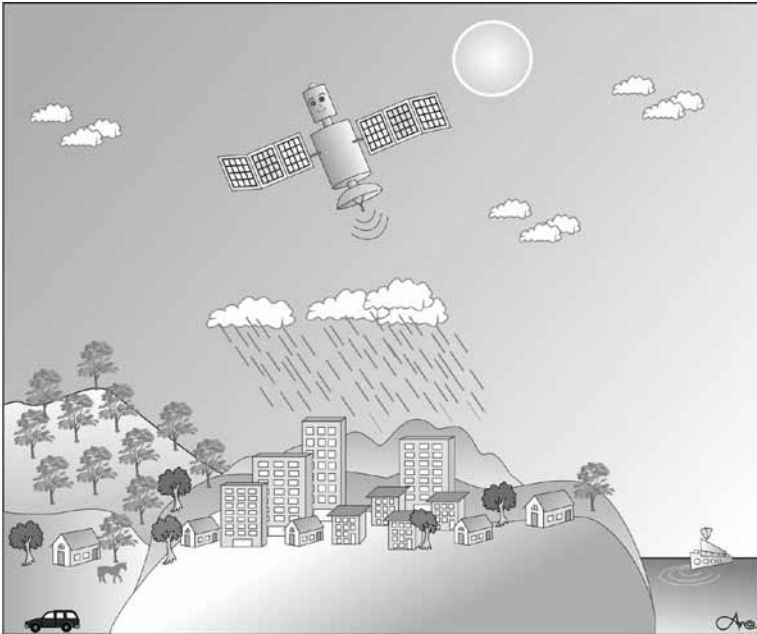
BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 28 maio 2012b.

BRASIL. Lei nº 12.727, de 17 de outubro de 2012. Altera a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera

as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; e revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, o item 22 do inciso II do art. 167 da Lei nº 6.015, de 31 de dezembro de 1973, e o § 2º do art. 4º da Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 out. 2012c.

# 13

## Mudanças Climáticas e Modelagem Ambiental



*Sandra Furlan Nogueira*  
*Gustavo Bayma Silva*

429

### **Os satélites e seus sensores podem auxiliar em temáticas relativas às mudanças climáticas?**

Sim. Imagens orbitais podem ser utilizadas no monitoramento espaço-temporal das causas naturais e antrópicas das mudanças climáticas. Os diversos sensores existentes têm sido aplicados no monitoramento meteorológico e no monitoramento das mudanças do uso e cobertura da terra, ou seja, podem ser monitorados medidas e parâmetros que frequentemente são associados ao efeito estufa e ao aquecimento global.

430

### **Quais os parâmetros meteorológicos medidos por satélites meteorológicos?**

Dentre os inúmeros parâmetros, destacam-se:

- A irradiância solar.
- Temperatura atmosférica em diversos perfis de altitude.
- Nuvens.
- Temperatura de nuvens.
- Calor latente.
- Precipitação.
- Aerossóis.
- Ozônio.
- Vapor d'água, dentre outros.

431

### **A camada de ozônio também pode ser monitorada?**

Sim. Este é o objeto de monitoramento do satélite Aura, lançado em 2004. A finalidade do Aura é responder:

- Se a camada de ozônio está se recuperando.
- Se a qualidade do ar está se deteriorando.
- Se o vapor d'água e o ozônio nas camadas superiores da atmosfera são fatores importantes na manutenção da temperatura global.

432

**Existem sensores orbitais que monitoram a concentração de gases na atmosfera?**

Sim. O sensor AIRS, abordo do satélite Aqua, por exemplo, fornece informações das concentrações de  $O_3$ , CO e  $CH_4$  na troposfera.

433

**É possível estimar a precipitação por meio de dados de sensores remotos?**

Sim. O *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) é um projeto entre a Agência Espacial Norte-Americana (Nasa) e a Agência de Exploração Espacial Japonesa (Jaxa), com objetivo de disponibilizar dados de precipitação das áreas tropicais e subtropicais do planeta.

O *Precipitation Radar* (PR) foi o primeiro instrumento desenvolvido para mapear a estrutura interna das tempestades. O *TRMM Microwave Imager* (TMI) provê informações quantitativas da precipitação, como:

- Vapor d'água.
- Quantidade de água na nuvem.
- Intensidade da precipitação na atmosfera.

434

**Quais as atividades humanas responsáveis pelo aumento dos gases de efeito estufa e como as geotecnologias têm sido utilizadas para monitorar tais atividades?**

A queima de combustíveis fósseis, o desmatamento e as mudanças no uso e cobertura das terras (conversões como mudanças de floresta para agricultura, pecuária para agricultura, entre outras possibilidades) são alguns exemplos.

As geotecnologias são aplicadas principalmente no monitoramento espaço-temporal das mudanças de uso e cobertura da terra, que incluem o mapeamento de desmatamentos, queimadas,



expansão de áreas agrícolas; e no contexto das atividades agropecuárias, mapeamento de culturas agrícolas, estimativa de safras, identificação de intensificação agrícola (por exemplo, número de safras por ano), qualificação das pastagens, entre outros.

435

### **De que forma os satélites e sensores podem contribuir na estimativa de estoque de carbono em ambientes florestais?**

Por meio da comparação entre dados obtidos em inventários florestais (dados de campo) e produtos derivados de imagens de satélite.

Dados de volumetria, altura, diâmetro e dendrometria podem ser correlacionados com valores de índices relacionados à atividade fotossintética da vegetação, como o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), *Enhanced vegetation Index* (EVI), índices relacionados à biomassa, temperatura da superfície, entre outros.

Uma vez feita a calibração entre ambos os tipos de dados (dados de campos e informações das imagens), extrapolam-se as relações para áreas mais abrangentes.

436

### **No contexto das mudanças climáticas, quais as consequências dos desmatamentos?**

As consequências são: alteração dos valores de albedo da superfície, de emissividade, de temperatura de superfície, da evapotranspiração e o do balanço de radiação, desequilibrando assim o balanço de energia local. Esses parâmetros biofísicos podem ser estimados por meio de técnicas de geoprocessamento aplicadas em imagens de satélite.

437

### **Com que frequência é possível monitorar desmatamentos por meio de imagens de satélite?**

Utilizando imagens de distribuição gratuita é possível monitoramento a cada dois dias com imagens do sensor MODIS, a bordo da

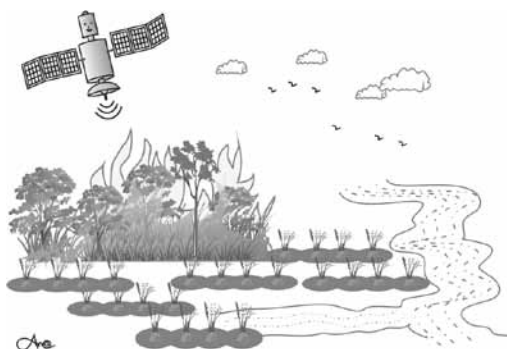
plataforma Terra ou Aqua. Este sensor é capaz de imagear uma área mínima de 6,25ha. Caso seja necessário monitorar áreas menores, pode ser utilizado o satélite Landsat-8 que possui 16 dias de revisita e área mínima mapeada de 900m<sup>2</sup>.

**438 No Brasil, qual o papel das geotecnologias no monitoramento das queimadas?**

As geotecnologias atuam em duas frentes, sendo a primeira a detecção de focos de calor e a segunda o mapeamento das cicatrizes de queimadas.

Os focos de calor das Américas do Sul e Central, da África e da Europa podem ser obtidos junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) e são oriundos de metodologias que usam imagens AVHRR dos satélites NOAA (15, 16, 18 e 19), imagens MODIS dos satélites Terra e Aqua, e as imagens dos satélites GOES (12 e 13) e MSG-2.

Por sua vez, o mapeamento pode ser feito por meio de técnicas de geoprocessamento (segmentação, classificação, etc.) em imagens de alta, média e baixa resolução espacial, dependendo da frequência que se deseja monitorar a área queimada e a escala de trabalho.



**439 É possível, quantificar as áreas atingidas pelo fogo, por monitoramento das áreas florestais, com imagens de satélite?**

Sim. É possível identificar as cicatrizes de queimadas. Em função de sua resposta espectral, essas áreas aparecem com tonalidade

próxima da cor preta, e isso permite que o intérprete ou o algoritmo as discrimine de outros alvos da imagem.

A separação das áreas de queimadas de áreas úmidas, ou corpos d'água, pode ser feita com auxílio de outros dados, como cartas topográficas. Para facilitar essa discriminação, alguns estudos propõem o uso da fração sombra do modelo linear de mistura espectral.

440

### **De que forma as geotecnologias contribuem para o entendimento das consequências do aquecimento global?**

Por meio do monitoramento dos seguintes fenômenos e acontecimentos:

- Variações da temperatura do planeta.
- Ocorrência de eventos climáticos extremos.
- Elevação do nível do mar.
- Perda da camada de gelo.
- Disponibilidade de recursos hídricos.
- Mudanças nos ecossistemas.
- Expansão da desertificação.
- Expansão das áreas agrícolas.
- Impactos na saúde e bem-estar da população.

441

### **E com relação às calotas polares, suas variações são passíveis de monitoramento?**

Desde a década de 1970, as calotas polares são alvo de monitoramento por meio de imagens de satélite, sendo o ESMR o primeiro instrumento utilizado. Com o desenvolvimento de novos satélites e sensores, ambos passaram a ter mais importância do que dados obtidos por estações terrestres, navios e aeronaves. Outros instrumentos têm sido usados para estimar a extensão e a espessura da camada de gelo, como Landsat, MODIS, Cryosat-2, entre outros.

442

**Quais as consequências das mudanças climáticas na produção de alimentos e como as geotecnologias são usadas na projeção de cenários futuros?**

Um exemplo da aplicação das geotecnologias na projeção de cenários futuros é o cruzamento entre dados de localização e extensão das áreas agrícolas com os mapeamentos climáticos que incluem as projeções de mudanças de temperatura. Desta forma é possível observar em que locais determinadas culturas serão afetadas pelas alterações do clima.

443

**De que forma os países utilizam as geoinformações para fazer inventários sobre a emissão de gases de efeito estufa?**

Podemos entender como interferência antrópica as ações humanas no meio ambiente. Como exemplos podemos citar a agricultura, a pecuária, os desmatamentos, as queimadas, os sistemas de tratamentos de resíduos sólidos e líquidos, entre outras. A localização das atividades e a área que ocupam, assim como o tempo em que existem, são entendidas como geoinformações. Por sua vez, para cada atividade antrópica existem diferentes fatores (números) que demonstram a magnitude do impacto dessa atividade na emissão de gases de efeito estufa na atmosfera. De forma bastante simplificada, o inventário de emissões de cada país é feito por meio do cruzamento com a geoinformação associada.

444

**É possível dimensionar a área de florestas para cálculo do crédito de carbono e elaboração de projetos Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) por meio de imagens de satélite?**

Sim. Para ser elegível a projetos de florestamento ou de reflorestamento, para gerar créditos de carbono, uma área pode

ser dimensionada por meio de imagens de satélite. Contudo, mais importante do que dimensionar, as imagens de satélite são usadas para comprovar a não existência de floresta anterior ou identificar a área desmatada, pré-requisitos de projeto. Quanto a projetos MDL, o sensoriamento remoto tem papel fundamental na determinação do histórico e no monitoramento anual das áreas relacionadas a esses projetos (localização e dimensão).

**445** **É possível estimar o acréscimo de carbono no solo por meio do monitoramento das áreas sob práticas agrícolas conservacionistas por imagens de satélite?**

Sim. Por meio do monitoramento espaço-temporal da mudança do uso da cobertura da terra, mapeamentos pedológicos da área de interesse e dados de literatura sobre valores de conversão de conteúdos de carbono no solo.

**446** **Quais os modelos espaciais mais comumente usados para avaliar as mudanças de uso e cobertura da Terra?**

Um dos modelos de simulação mais usado em estudos da paisagem é o modelo estocástico, também denominado de estocástico-probabilístico, o qual torna possível definir as áreas futuras mais suscetíveis a novas alterações de uso e cobertura, por meio de uma matriz de transição definida a partir de mudanças de uso e cobertura da terra em épocas passadas e a relação dessas mudanças com critérios definidos por pesos.

**447** **De que forma métodos em sensoriamento remoto e em geoprocessamento podem contribuir na estimativa de biomassa vegetal em florestas e em culturas agrícolas?**

Uma forma de se estimar a biomassa florestal é por meio da aquisição de dados usando-se *Laser Scanner* Aerotransportado

(LSA), sistemas baseados na tecnologia *Light Detection and Ranging* (LiDAR), que usa a energia *laser* para medir distâncias dos alvos.

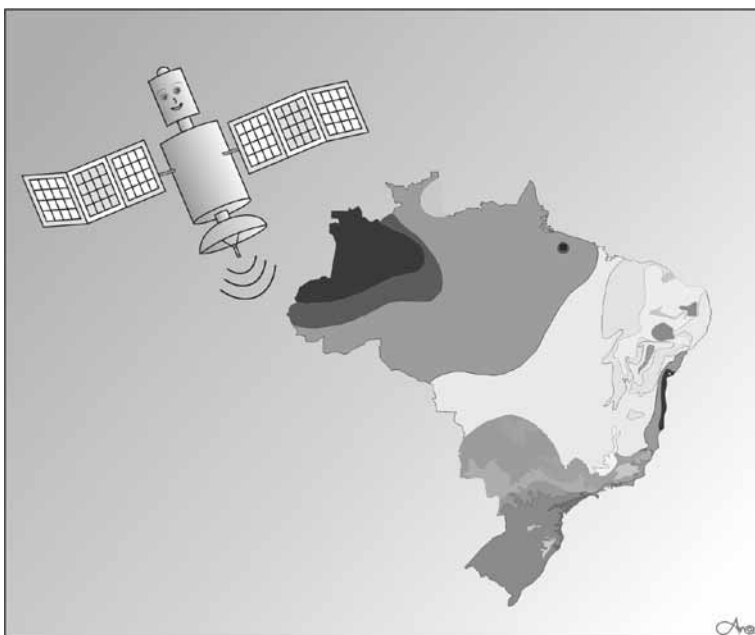
Essa tecnologia permite a aquisição de dados topográficos tridimensionais com alta precisão, sendo que em áreas florestais torna-se possível conhecer a estrutura da vegetação e derivar informações a respeito da cobertura florestal.

Com relação às coberturas agrícolas, são aplicados métodos que se fundamentam na aplicação de algoritmos e/ou modelos na obtenção de parâmetros biofísicos da vegetação utilizando imagens orbitais. O *Surface Energy Balance Algorithm for Land* (SEBAL) é um exemplo de algoritmo que utiliza dados de sensores remotos para estimar alguns desses parâmetros, como a evapotranspiração. Este algoritmo é promissor por ser construído de forma modular, permitindo que outros modelos sejam acoplados.



# 14

## Ordenamento Territorial e Zoneamento



*Carlos Fernando Quartaroli  
Luciana Spinelli de Araújo*



#### **448 O que é ordenamento territorial?**

O termo “ordenamento territorial” é usado para definir a disciplina científica, a técnica administrativa e as políticas públicas voltadas para a organização da ocupação, uso e transformação do território. Sua finalidade é promover melhores usos dos espaços de acordo com suas sustentabilidades ecológica, social e econômica, segundo critérios e princípios que:

- Orientem o desenvolvimento regional e inter-regional harmônico.
- Permitam corrigir e superar desequilíbrios.
- Proporcionem à sociedade uma melhor qualidade de vida.
- Conserve os recursos naturais e a qualidade ambiental.
- Respeite os valores culturais e os interesses das comunidades.

O conceito de ordenamento territorial ressalta seu caráter político, mas também apresenta caráter técnico que se manifesta principalmente nos instrumentos de ordenamento territorial, entre os quais, os zoneamentos. Por sua vez, os zoneamentos fazem amplo uso das geotecnologias para lidar com grandes quantidades de dados com referência geográfica, necessários para delimitar e qualificar as zonas e estabelecer as diretrizes para o uso e ocupação do território, segundo os critérios e princípios do ordenamento territorial.

#### **449 O que são zoneamentos?**

São instrumentos usados para o ordenamento territorial que compreendem:

- A divisão de uma área, região ou país em porções territoriais homogêneas (zonas).
- A qualificação dessas zonas para diferentes formas de uso e ocupação.
- O estabelecimento de diretrizes diferenciadas para cada zona.

## 450 O que são diretrizes de um zoneamento?

As diretrizes de um zoneamento podem ser entendidas como um conjunto de instruções ou indicações que procuram disciplinar a ocupação ou o uso do território, de forma que se atinjam determinados objetivos. Alguns exemplos desses objetivos são:

- Garantir condições de habitabilidade, no caso dos zoneamentos urbanos.
- Promover o desenvolvimento sustentável, no caso dos zoneamentos ecológico-econômicos.
- Reduzir o risco climático na agricultura, no caso dos zoneamentos agrícolas de risco climático.

## 451 Como os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e o sensoriamento remoto contribuem na elaboração de zoneamentos?

Tanto a divisão do território em zonas quanto à qualificação das zonas e o estabelecimento das diretrizes devem ser baseados em critérios técnico-científicos aplicados sobre uma ampla base de dados geográficos que reúna toda a informação necessária para atender os objetivos do zoneamento. A capacidade dos SIG em organizar, processar e integrar dados geográficos de diferentes temas e origens e, sobretudo, a ampla capacidade desses sistemas em análise espacial e em modelagem, aliadas às suas ferramentas estatísticas, de classificação e de agrupamento tornam os SIG ferramentas imprescindíveis na identificação, na delimitação e na qualificação das zonas. Por meio de imagens orbitais ou aéreas, o sensoriamento remoto também pode ser usado em zoneamentos, como ferramenta principal ou auxiliar na elaboração ou na atualização da base cartográfica e de mapas temáticos necessários ao zoneamento.

## 452 O que é zoneamento agrícola de risco climático (ZARC)?

É um instrumento técnico-científico de política agrícola e de gestão de riscos na agricultura, publicado na forma de portarias no Diário Oficial da União e no site do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Para as principais culturas agrícolas do país, essas portarias relacionam:

- As cultivares indicadas para plantio em cada município abrangido pelo zoneamento (BRASIL, 2013).
- A melhor época de plantio de cada cultivar em diferentes tipos de solo, também em cada município abrangido pelo zoneamento (BRASIL, 2013).

A melhor época de plantio é determinada de forma a minimizar os riscos relacionados aos fenômenos climáticos, principalmente a seca, a partir da análise de parâmetros do clima, do solo e dos ciclos das cultivares, e da aplicação de funções estatísticas e matemáticas com o objetivo de quantificar o risco de perda das lavouras com base no histórico de ocorrência de eventos climáticos adversos (BRASIL, 2008). Os ZARCs analisam e processam dados geográficos de solo e clima e os transforma em informação com referência geográfica, ou geoinformação, para determinada finalidade; por exemplo, para a decisão do agricultor sobre o que, onde e quando plantar. Os ZARCs são amplamente utilizados no país para o auxílio à gestão de riscos climáticos na agricultura, adotada por produtores rurais, extensionistas, seguradoras e agentes financeiros.

## 453 O que é zoneamento agroecológico?

Segundo a legislação brasileira, os zoneamentos agroecológicos (ZAEs) são instrumentos da Política Agrícola e têm por finalidade estabelecer critérios para o disciplinamento e o ordenamento da ocupação espacial pelas diversas atividades produtivas (BRASIL, 2013).

A delimitação das zonas agroecológicas é baseada em combinações similares de limitações e potencialidades do solo, do clima e do relevo para determinada cultura agrícola ou atividade relacionada à silvicultura, à pecuária ou ao extrativismo. Também são consideradas na delimitação dessas zonas:

- As necessidades de conservação e preservação ambiental.
- A legislação ambiental.
- O uso atual da terra.

Ao apontarem as limitações e potencialidades de cada zona para determinada cultura ou atividade, os ZAEs permitem determinar a capacidade de sustentação e produtividade econômica das terras para a atividade em questão. Assim como os zoneamentos de risco climático, os ZAEs são casos típicos de geoinformação, informação com referência geográfica para determinada finalidade gerada a partir de dados geográficos de solo, clima, relevo, etc.

454

### **Como as geotecnologias podem ser aplicadas no zoneamento agroecológico?**



Entre as geotecnologias, os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) desempenham papel importante na elaboração de zoneamentos. Em zoneamentos agroecológicos, a capacidade desses sistemas em integrar dados geográficos de diferentes temas e executar operações de análise geográfica sobre esses dados é usada para:

- Determinar as limitações e potencialidades do meio físico para diferentes atividades.
- Apontar as necessidades de preservação e conservação ambiental.
- Identificar e delimitar áreas de conflitos entre uso atual, legislação, potencial de uso e necessidades de preservação e conservação ambiental.

Os SIG também podem auxiliar na previsão de impactos futuros, mediante análise com cenários de possíveis alterações nas variáveis do meio físico e de uso da terra. A capacidade dos SIG para executar análises estatísticas, para classificar e para agrupar dados pode ser usada na identificação e delimitação de áreas com combinações similares de atributos, tarefa fundamental para definir as zonas agroecológicas.

Produtos de Sensoriamento Remoto, como as imagens orbitais ou aéreas, podem ser usados em ZAEs como ferramenta principal ou auxiliar para elaborar ou atualizar mapas de uso das terras ou do meio físico, necessários para constituir a base geográfica sobre as quais serão feitas as análises em SIG e a divisão do território em zonas.

#### **455 O que é plano diretor de um município?**

É o instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana e parte integrante do processo de planejamento municipal (BRASIL, 2001). Visa assegurar melhores condições de vida para a população por meio da gestão dos espaços urbano e rural e da oferta dos serviços públicos essenciais.

O plano diretor é estabelecido por lei municipal e sua elaboração deve ser conduzida pelo Poder Executivo, articulado com o Poder Legislativo e a Sociedade Civil. É constituído por um documento que sintetiza e torna explícitos os objetivos consensuados para o Município e estabelece princípios, diretrizes e normas a serem adotadas como base para que as decisões no processo de desenvolvimento urbano converjam, tanto quanto possível, na direção desses objetivos.

Para se elaborar um plano diretor é fundamental conhecer a realidade de todo o município, tanto da área urbana como da rural. Isso inclui:

- A infraestrutura da cidade.
- O cadastro das áreas construídas.
- As redes de transporte, água e esgoto.

- Os serviços públicos.
- Os pontos turísticos.
- O uso do solo.
- As áreas de preservação, dentre outras variáveis consideradas na gestão do município.

Todos esses dados possuem localização geográfica, o que torna as geotecnologias imprescindíveis na elaboração de um plano diretor. Os Sistemas de Informação Geográfica permitem o armazenamento, a padronização e a consulta desses dados, além de gerarem informação a partir de suas ferramentas de análise. Imagens de sensoriamento remoto podem ser usadas para extrair grande parte desses dados ou atualizá-los de forma rápida e eficiente.

#### 456 O que é zoneamento urbano?

É um dos instrumentos usados nos planos diretores para controlar o uso e a ocupação do espaço urbano. O zoneamento urbano divide a cidade em áreas sobre as quais incidem diretrizes diferenciadas para o uso e a ocupação do solo. Atua, principalmente, por meio do controle de dois elementos principais:

- O uso e o porte (ou tamanho) dos lotes e das edificações, de forma a atender objetivos como a proporcionalidade entre a ocupação e a infraestrutura (BRASIL, 2013).
- A necessidade de proteção de áreas frágeis ou de interesse cultural e a harmonia do ponto de vista volumétrico (BRASIL, 2013).

Os zoneamentos urbanos geralmente são apresentados na forma de um mapa contendo as zonas representadas por siglas e cores diferentes, complementado por uma parte textual com a descrição das zonas e a definição de seus parâmetros urbanísticos.

As geotecnologias podem apoiar a elaboração dos zoneamentos urbanos pela constituição de uma base de dados geográficos da situação do município (infraestrutura, áreas construídas, uso do solo, áreas de preservação, etc.). Imagens de sensoriamento remoto podem ser usadas para a elaboração ou atualização dessa base.

Um Sistema de Informação Geográfica (SIG) poderá integrar os dados geográficos e por meio de análises geográficas auxiliar na delimitação e caracterização das zonas e na proposição de suas diretrizes. Por meio de ferramentas de modelagem e simulação, os SIG também podem ser usados na construção de cenários futuros frente a diferentes alternativas de uso e ocupação do solo urbano.

#### **457 O que é zoneamento ecológico-econômico (ZEE)?**

No Brasil, é um dos instrumentos de organização do território a ser obrigatoriamente seguido na implantação de planos, obras e atividades públicas e privadas. Estabelece medidas e padrões de proteção ambiental destinados a assegurar a qualidade ambiental dos recursos hídricos e do solo e a conservação da biodiversidade, garantindo o desenvolvimento sustentável e a melhoria das condições de vida da população (BRASIL, 2002).

Em síntese, O ZEE divide o território em zonas sobre as quais incidem diretrizes gerais e específicas, entendidas como um conjunto de instruções e indicações para disciplinar o uso e a ocupação do território de forma a viabilizar o desenvolvimento sustentável a partir da compatibilização do desenvolvimento socioeconômico com a conservação ambiental. Nos ZEEs, as geotecnologias são usadas na aquisição e na atualização de dados, por meio de produtos de sensoriamento remoto (imagens orbitais e aéreas, modelos digitais de terreno, etc.) e no armazenamento, na organização, na integração, na análise e na recuperação da ampla base de dados geográficos necessários para sua construção, por meio dos Sistemas de Informação Geográfica.

#### **458 Quais as etapas de execução de um ZEE?**

De acordo com os procedimentos definidos pelas diretrizes metodológicas do Projeto ZEE Brasil (BRASIL, 2006), um ZEE é executado em quatro fases de trabalho:

- Fase de planejamento – Consiste em planejar a execução dos trabalhos de acordo com os objetivos propostos e com os problemas a serem resolvidos.
- Fase de diagnóstico – As informações sobre a área objeto do zoneamento são compiladas ou coletadas, e uma integração sistematizada dos ambientes naturais, da organização social e econômica e da organização jurídico-institucional é feita, de forma a se estabelecer a situação atual da área e levantar suas potencialidades e limitações.
- Fase de prognóstico – A partir da correlação das informações geradas no diagnóstico, são delimitadas as unidades de intervenção e construídos os cenários tendenciais, exploratórios e normativos. Esses cenários e as unidades de intervenção são discutidos e negociados com os agentes envolvidos no ZEE. Com base nessas discussões e negociações, propõem-se as zonas ecológico-econômicas e suas diretrizes.
- Fase de implementação – O processo de implementação do ZEE deve considerar os aspectos legais e programáticos da normatização, bem como sua integração aos planos de gestão territorial.

*A execução de um ZEE também inclui a etapa de construção da base de informação do ZEE que se inicia na fase de diagnóstico, perdura nas fases seguintes e faz amplo uso das geotecnologias, especialmente dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), usadas para armazenar e organizar toda a informação reunida e gerada em um banco de dados geográfico, bem como para integrar e analisar esses dados, gerar simulações e disponibilizar toda a informação geográfica (geoinformação) necessária para as fases de diagnóstico, prognóstico e implementação.*

459

### **Qual a utilidade dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) num ZEE?**

Num ZEE, os SIG são usados para armazenar, organizar, padronizar e integrar a grande base de dados geográficos necessários para



o diagnóstico dos meios físico-biótico, socioeconômico e jurídico-institucional. Por meio de suas ferramentas de análise geográfica, os SIG também são usados para gerar produtos síntese do diagnóstico como:

- As fragilidades e potencialidades naturais.
- Os indicadores de condições de vida, saúde, educação, trabalho e saneamento.
- As tendências de ocupação e articulação regional.
- Os usos incompatíveis com a legislação, entre outros.

Na fase de prognóstico do ZEE, as ferramentas de simulação dos SIG são úteis para inferir uma situação futura, baseada em cenários tendenciais, exploratórios ou normativos. A capacidade dos SIG em integrar dados, classificá-los e agrupá-los segundo um critério pré-estabelecido ou por técnicas estatísticas pode ser usada para delimitar e caracterizar as unidades de intervenção e as zonas, bem como para definir as diretrizes para cada zona. A importância dos SIG nos ZEEs ainda se complementa por suas ferramentas de recuperação de dados, de apresentação de resultados e de geração de material cartográfico e estende-se pela fase de implementação do ZEE, ao possibilitarem a consulta, a divulgação, a atualização e a incorporação de dados ou ainda permitir a execução de novas análises.

#### **460 O que são fragilidades e potencialidades ambientais?**

A fragilidade ambiental refere-se à suscetibilidade do meio ambiente a qualquer tipo de dano. Ambientes frágeis seriam aqueles mais sensíveis aos impactos ambientais adversos, de baixa resiliência e pouca capacidade de recuperação. No ZEE, a fragilidade natural é definida, de conformidade com o Decreto nº 4.297/02 (BRASIL, 2002), por indicadores de perda da biodiversidade, pela vulnerabilidade natural à perda de solo e pela quantidade e qualidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

A potencialidade ambiental refere-se à capacidade do meio ambiente de gerar bens e serviços diversos. Para o ZEE, de acordo com o Decreto nº 4.297/02, a potencialidade natural é definida

pelos serviços ambientais dos ecossistemas e pelos recursos naturais disponíveis, incluindo-se, entre outros:

- A aptidão agrícola das terras.
- O potencial madeireiro
- O potencial de produtos florestais não madeireiros, que inclui o potencial para a exploração de produtos derivados da biodiversidade.

Tanto para análise da fragilidade quanto para análise da potencialidade ambiental, as geotecnologias são ferramentas essenciais para gerar informações primárias e para integrar essas informações.

#### 461 Quais os objetivos da elaboração de cenários num ZEE?

Segundo Brasil (2006), a elaboração de cenários em um ZEE visa à apresentação das tendências de evolução de longo prazo, com projeções da situação futura, considerando o espaço de políticas sociais, ambientais e econômicas. Assim, o ZEE quantifica e representa gráfica e cartograficamente os efeitos ambientais de simulações propostas sobre a situação atual, propondo soluções aos problemas diagnosticados, tendo em vista melhorar a condição presente, indesejável ou insatisfatória. Os tipos de cenários podem ser:

**Tendenciáis** – o que tende a acontecer numa evolução futura com base em projeções de tendências históricas.

**Exploratórios** – o que pode acontecer a partir da possibilidade de futuros alternativos.

**Normativos** – o que deve acontecer, ou seja, as potencialidades desejáveis.

Em todos os casos, as geotecnologias propiciam a integração das diversas informações espaciais e, por meio de modelos matemáticos, a elaboração das potenciais situações futuras.

#### 462 Um ZEE pode criar unidades de conservação?

Não. Mas como instrumento de ordenamento territorial, o ZEE pode indicar áreas de interesse para conservação. Com o auxílio

de geotecnologias, pode-se cruzar, as informações de uso da terra, incluindo-se os remanescentes florestais, com informações oficiais de tipologias da vegetação, e avaliar quais dessas tipologias necessitam de proteção em novas unidades de conservação Além disso, no artigo 13 do Decreto nº 4.297/02 (BRASIL, 2002), está prevista, durante a elaboração do zoneamento, a indicação de corredores ecológicos, porções de ecossistemas naturais ou seminaturais que ligam unidades de conservação, para promover conectividade entre fragmentos de áreas naturais.

463

### **Um ZEE pode determinar a redução do percentual dos imóveis rurais destinados à Reserva Legal?**

Não. O percentual mínimo dos imóveis rurais que devem ser destinados à reserva legal é estabelecido atualmente pela Lei nº 12651 de 25/05/2012 (BRASIL, 2012). Essa lei não atribui aos ZEEs a possibilidade de reduzir esses percentuais. Entretanto, a existência de um ZEE Estadual aprovado é condição necessária para uma das possibilidades de redução. Em seu artigo 12, a lei determina que o percentual mínimo destinado a Reserva Legal em relação à área total do imóvel rural seja de 80%, quando esse imóvel estiver localizado na Amazônia Legal em área de floresta. O mesmo artigo, em seu parágrafo 5º possibilita que esse percentual seja reduzido de 80% para 50% pelo poder público estadual, ouvido o Conselho Estadual de Meio Ambiente, desde que o Estado tenha zoneamento ecológico-econômico aprovado e mais de 65% (sessenta e cinco por cento) do seu território ocupado por unidades de conservação da natureza de domínio público, devidamente regularizadas, e por terras indígenas homologadas. Ressalta-se que essa possibilidade de redução é válida apenas para imóveis rurais situados na Amazônia Legal, em área de floresta e em Estados que se enquadrem dentro dos critérios estabelecidos pela Lei.

A Lei nº 12651 de 25/05/2012, em seu artigo 13, prevê outra possibilidade de redução e uma possibilidade de ampliação do percentual destinado à Reserva Legal, não determinada pelo ZEE,

mas também condicionada à existência de um ZEE estadual. Nesse caso, quando indicado pelo zoneamento ecológico-econômico - ZEE estadual, realizado segundo metodologia unificada, o poder público federal poderá:

- Reduzir, exclusivamente para fins de regularização, mediante recomposição, regeneração ou compensação da reserva legal de imóveis com área rural consolidada, situados em área de floresta localizada na Amazônia Legal, para até 50% (cinquenta por cento) da propriedade, excluídas as áreas prioritárias para conservação da biodiversidade e dos recursos hídricos e os corredores ecológicos;
- Ampliar as áreas de reserva legal em até 50% (cinquenta por cento) dos percentuais previstos na Lei, para cumprimento de metas nacionais de proteção à biodiversidade ou de redução de emissão de gases de efeito estufa.

464

### **Como as geotecnologias são usadas num Sistema de Apoio à Gestão Territorial construído a partir de um ZEE?**

As geotecnologias são usadas na coleta, no tratamento, na atualização e na disseminação de informações e no monitoramento contínuo da situação das zonas estabelecidas. Os produtos de sensoriamento remoto, como as imagens orbitais e aéreas, são a forma mais rápida, eficaz e barata para se atualizar dados geográficos, especialmente aqueles referentes ao uso e à cobertura das terras. Por sua vez, as atualizações de dados permitem o monitoramento da situação das zonas e do território em geral. Dados geográficos de épocas diferentes podem ser cruzados para identificar, quantificar e localizar as alterações ocorridas, auxiliando:

- Na avaliação e no acompanhamento dos efeitos das medidas tomadas para atender as diretrizes estabelecidas no ZEE.
- Na identificação de discrepâncias entre a situação observada e aquela planejada ou esperada.
- Na proposição das medidas de intervenção necessárias, quando observadas discrepâncias.

Por meio de suas ferramentas de modelagem e simulação, os SIGs também podem ser usados na atualização de cenários prospectivos frente à nova situação observada. Já os WebGIS, SIG com ferramentas básicas de visualização, análise e consulta a dados geográficos pela Internet, inclusive por meio de mapas e cartogramas, permitem ampla disseminação da informação geográfica.

465

### Quais são o principal instrumento e os objetivos da gestão dos recursos hídricos?



O principal instrumento da gestão dos recursos hídricos no país é a Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997 (BRASIL, 1997), que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água e promover a utilização racional e integrada dos recursos hídricos são dois importantes objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos, enquanto coordenar a gestão integrada das águas, promover a cobrança pelo uso de recursos hídricos e implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos são alguns dos objetivos do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Uma base completa e atualizada de dados espaciais é primordial para a gestão integrada, e imagens de sensoriamento remoto, especialmente de alta resolução espacial, auxiliam no mapeamento atualizado dos recursos hídricos.

466

### **O que é avaliação ou classificação das terras para fins agrícolas?**

É a avaliação ou classificação interpretativa do meio físico: solo, topografia e clima; normalmente feita por um profissional das Ciências Agrárias com o objetivo de fornecer informação acessível aos agricultores, extensionistas, planejadores e demais usuários interessados no uso agrícola das terras. Geralmente o produto resultante dessa avaliação é um mapa, com áreas delimitadas e classificadas quanto à capacidade ou aptidão das terras para diferentes tipos e intensidade de uso (lavouras, pastagens, silvicultura, preservação da fauna e da flora, etc.). O mapa pode também discriminar as classes de aptidão conforme o nível de manejo adotado pelo agricultor.

Os mapas de classificação das terras para fins agrícolas são casos típicos de geoinformação. A partir da análise e processamento de dados geográficos do meio físico, gera-se informação com referência geográfica, ou geoinformação, para determinada finalidade: orientar possíveis usuários sobre as possibilidades de utilização agrícola das terras.

467

### **Qual a utilidade dos Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) na classificação das terras para fins agrícolas?**

Esses sistemas permitem automatizar o cruzamento dos mapas digitais referentes aos temas necessários à avaliação e à classificação das terras para fins agrícolas. Esses temas dependem do sistema de avaliação das terras utilizado e da finalidade da classificação. Os temas básicos são solos, topografia e clima, mas podem também incluir recursos hídricos, vegetação, infraestrutura, ocupação humana, etc. No SIG, o cruzamento dos mapas dos diversos temas resulta em novo mapa, no qual as unidades de mapeamento herdarão os atributos de todos os temas utilizados. Em seguida, cada unidade de mapeamento é avaliada por um profissional quanto às suas limitações ao uso (fertilidade, impedimentos à mecanização, deficiência

de água, deficiência de oxigênio, susceptibilidade à erosão, etc.), eventualmente considerando diferentes níveis de manejo. Essa avaliação é baseada nos atributos das unidades de mapeamento e pode envolver atributos originados de diferentes temas. O SIG pode automatizar esse processo, desde que se forneçam as regras de avaliação por meio de programação. Finalmente, as terras deverão ser classificadas dentro das classes preconizadas pelo sistema de classificação, com base em suas limitações. Novamente, o SIG pode ser usado para automatizar o processo, por meio de programação ou por meio de ferramentas já existentes no SIG.

### **468 Como interpretar um mapa de aptidão agrícola das terras?**

Em mapas elaborados segundo o “Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras”, a aptidão agrícola das terras é representada por uma combinação de números e letras. Os números indicam os grupos de aptidão e os usos recomendados; as letras e a forma como são grafadas indicam o nível tecnológico empregado e a classe de aptidão.

As terras aptas para lavouras e usos menos intensivos (pastagens plantadas, pastagens naturais ou silvicultura) são identificadas pelos números 1, 2 e 3. A aptidão é classificada quanto ao nível tecnológico empregado no manejo das lavouras, representado pelas letras A, B ou C justapostas aos números 1, 2 ou 3. A letra A indica manejo de baixo nível tecnológico; a letra B indica manejo de nível tecnológico médio; e a letra C, manejo de alto nível tecnológico.

As terras inaptas para lavouras, mas aptas para pastagens plantadas, usos menos intensivos (pastagens naturais ou silvicultura) são representadas pelo número 4 seguido pela letra P.

As terras aptas apenas para pastagens naturais e/ou silvicultura são representadas pelo número 5 seguido pela letra N, se aptas para pastagens naturais; pela letra S, se aptas para silvicultura ou por N e S, se aptas para ambos os usos. A aptidão para pastagens plantadas ou silvicultura é avaliada apenas para manejo de nível tecnológico

médio. A aptidão para pastagens naturais é avaliada apenas para o nível tecnológico baixo.

A forma como as letras são grafadas indicam a classe de aptidão para o nível tecnológico que representam: maiúsculas (A, B, C, P, N, S) indicam aptidão boa; minúsculas (a, b, c, p, n, s) indicam aptidão regular; entre parênteses [(a), (b), (c), (p), (n), (s)] indicam aptidão restrita. A ausência de uma ou mais letras indica inaptidão para o nível tecnológico que representaria.

As terras inaptas para lavouras, pastagens naturais ou plantadas e silvicultura são representadas pelo número 6. Essas terras são indicadas apenas para preservação da flora e da fauna.

Exemplos:

- 1(a)bC representa terras com aptidão restrita para lavouras no nível de manejo A (baixo nível tecnológico), aptidão regular para lavouras no nível de manejo B (médio nível tecnológico) e aptidão boa para lavouras no nível de manejo C (alto nível tecnológico);
- 3(c) representa terras com aptidão restrita para lavouras no nível de manejo C (alto nível tecnológico). A ausência das letras A e B indica que as terras são inaptas para lavouras em condições de manejo de baixo ou médio nível tecnológico;
- 5(sn) representa terras com aptidão restrita para silvicultura (nível tecnológico médio) e pastagens naturais (nível tecnológico baixo).

## Referências

BRASIL. Decreto nº 4.297, de 10 de julho de 2002, Regulamenta o art. 9º, inciso II, da Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981, estabelecendo critérios para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil - ZEE, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 11 jul. 2002. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/2002/D4297.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/D4297.htm)>. Acesso em: 27 jan. 2014.

BRASIL. Lei nº. 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera



o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 9 jan. 1997. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9433.HTM](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.HTM)>. Acesso em: 12 dez. 2013

BRASIL. Lei nº. 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal estabelecem diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 11 jul. 2002. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/leis\\_2001/110257.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/110257.htm)>. Acesso em: 12 dez. 2013.

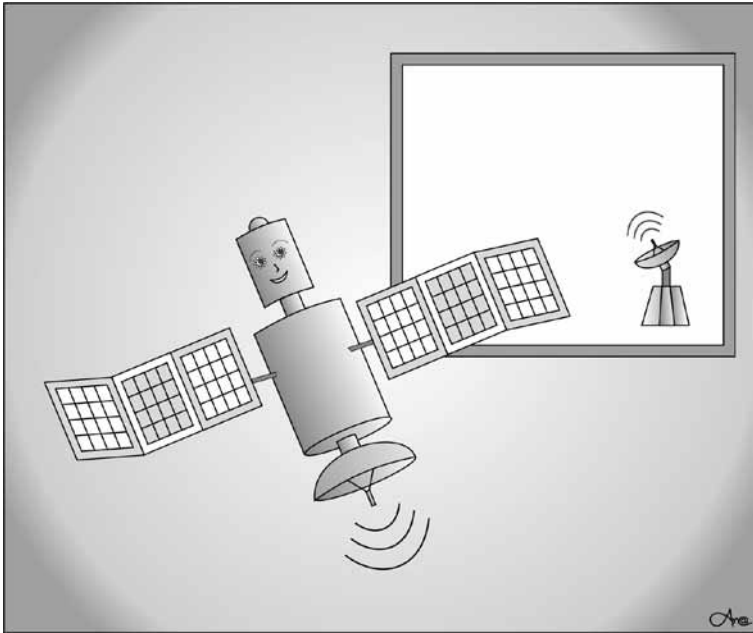
BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 28 maio 2012. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm)>. Acesso em: 12 dez. 2013

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário. Secretaria da Agricultura Familiar. **Zoneamento agrícola de risco climático**: instrumento de gestão de risco utilizado pelo Seguro Agrícola do Brasil. Agência Embrapa de Informação Tecnológica, 2008. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Zoneamento\\_agricola\\_000fl7v6vox02wyiv80ispccruh04mek.pdf](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Zoneamento_agricola_000fl7v6vox02wyiv80ispccruh04mek.pdf)>. Acesso em: 27 jan. 2014

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Outros tipos de zoneamento**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/gestao-territorial/zoneamento-territorial/item/8188>>. Acesso em: 12 dez. 2013.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Extrativismo e Desenvolvimento Rural Sustentável. Programa Zoneamento Ecológico-Econômico. **Diretrizes metodológicas para o zoneamento ecológico-econômico do Brasil**. 3. ed. Brasília, DF, 2006. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/gestao-territorial/zoneamento-territorial/item/7529>>. Acesso em: 7 fev. 2014.

# 15 Educação e Transferência de Tecnologia



*Cristina Criscuolo  
Claudio Bragantini*

## **469 Quando a tecnologia se transforma em geotecnologia?**

Quando a tecnologia se relacionar com a forma de aquisição, organização, processamento, análise e/ou com a disponibilização de dados de diferentes naturezas, mas necessariamente associados aos seus componentes espaciais.

Com a geotecnologia, um dado pode ser usado isoladamente ou em conjunto com outros dados e informações na realização de análises baseadas em critérios espaciais.

## **470 Quando a geotecnologia se transforma em inovação?**

Quando os resultados gerados por ela forem apropriados por grupos de usuários ou pela sociedade, que deles passarão a fazer uso efetivo. O resultado da geotecnologia pode materializar-se por meio de um(a) novo(a):

- Metodologia.
- Algoritmo.
- Dado ou informação, também num serviço ou produto que disponibiliza dados com referência espacial e que passe a ser usado pela sociedade.

Por sua vez, a inovação pode ocorrer em atendimento a demandas ou carências pré-existentes, mas também pode atuar como facilitadora na forma com que determinada atividade passe a ser realizada.

## **471 O que é monitoramento por satélite?**

É o acompanhamento de determinado objeto ou fenômeno e de sua evolução temporal, quando esse objeto ou fenômeno for passível de ser identificado e mapeado por meio de imagens ou dados de satélites.

Por exemplo, pode-se, monitorar a dinâmica do uso e da cobertura das terras por satélite numa determinada área, quando

nela forem detectadas as principais mudanças ocorridas no espaço, por meio de levantamentos feitos em duas ou mais datas diferentes, a partir da interpretação de imagens de satélites.

#### **472 O que é Sistema de Gestão Territorial?**

É um sistema computacional usado para organizar, armazenar e permitir o acesso de dados de interesse geográfico, capaz de apoiar a tomada de decisão de gestores, planejadores e usuários que tenham a necessidade de analisar fenômenos espacialmente identificados e identificáveis, em suas conexões territoriais.

Os Sistemas de Gestão Territorial podem ser usados por diferentes públicos. Se tiverem interface amigável, podem possibilitar o acesso facilitado às informações e à geração de produtos, como:

- Mapas baseados em consultas.
- Cálculos de áreas, além de outras métricas disponíveis, como planilhas, figuras, etc..

#### **473 No Brasil, quais os principais desafios do monitoramento da agricultura por satélite?**

O principal desafio consiste em monitorar a agricultura de forma automática, considerando as diferentes realidades que compõem o país. Isso porque existe uma grande diversidade de paisagens no Brasil, formada por diferentes biomas e suas características regionais, também por suas especificidades locais em termos de solo, clima, vegetação, disponibilidade hídrica, empregos de técnicas agrícolas em diferentes graus de evolução tecnológica. Mesmo com esse desafio, o sensoriamento remoto vem obtendo grandes resultados e a geotecnologia produzida por órgãos e empresas no território nacional vêm gerando uma infinidade de dados. Quando organizados numa base comum, os dados contribuirão ainda mais para auxiliar no monitoramento da agricultura e na geração de conhecimento.

474

### **Como um mapa de uso e cobertura das terras pode auxiliar no ordenamento territorial?**

Esse mapa auxilia no acompanhamento, na quantificação e na qualificação dos elementos que recobrem a superfície terrestre e faz um registro de como a sociedade se utiliza desses elementos ao longo do tempo. Nesse tipo de mapeamento, é possível identificar, por exemplo, se uma área encontra-se coberta por vegetação natural e se seu uso, baseado na proximidade de um curso d'água e na legislação, é uma Área de Proteção Permanente (APP). Os dados e as informações obtidas pelo mapeamento de uso e cobertura das terras podem ser usados como base para outras análises, na extração de informações que possam auxiliar no planejamento e no estabelecimento de políticas públicas em uma determinada região.

475

### **Como as imagens de satélites podem contribuir para levantamento de indicadores de sustentabilidade?**

As imagens de satélites podem oferecer dados de base, que uma vez identificados, poderão oferecer subsídios na realização de inferências sobre determinado componente da paisagem, entre eles, os indicadores de sustentabilidade econômicos, ambientais e sociais. Por exemplo, com esses dados obtidos por mapeamento da dinâmica de uso e cobertura das terras, podem-se detectar áreas de antigos laranjais sendo substituídas por plantações de cana-de-açúcar, além de possibilitar a análise dinâmica de empregos gerados na região em vista das características próprias de cada sistema agrícola, como os reflexos sobre:

- A renda da população.
- As questões de mobilidade populacionais entre as regiões
- O uso de insumos agrícolas, entre outros.

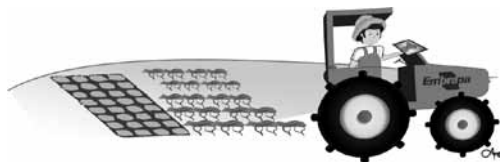
Com base nesses dados, também é possível antecipar cenários e analisá-los a partir dos indicadores de sustentabilidade, caso as mudanças ocorram no futuro.

476

## Como as geotecnologias podem auxiliar na agricultura de precisão?

Para a agricultura de precisão, a geotecnologia e a geoinformação auxilia na identificação exata de locais de interesse na plantação,

onde poderá haver ou não uma intervenção direta do agricultor. Nesses locais pode ser monitorado um determinado fenômeno ou característica da plantação, também podem ser determinados locais para aplicação de técnicas diferenciadas de manejo, a fim de se obter melhores resultados e maior produtividade. Também é possível conectar dispositivos móveis, operados a distância ou não em implementos agrícolas, da mesma forma programá-los para executar atividades diferenciadas ao longo da plantação, de acordo com as necessidades específicas de cada área cultivada.



477

## Como as geotecnologias podem ser usadas pelos agricultores?

De várias maneiras. Para acompanhar a evolução de suas culturas e terras ao longo do tempo, como também para obter dados e informações que possam ajudá-los a gerir suas propriedades. Por meio de geotecnologias, podem-se obter dados a partir da interpretação de imagens de satélites e comparar esses dados com outras regiões e realidades. Usando-se o Sistema de Informação Geográfica (SIG) ou outro sistema de gestão territorial é possível realizar métricas nas propriedades, como cálculo de área cultivada, distâncias e perímetros.

Também é possível:

- Monitorar as culturas agrícolas ao longo do tempo.
- Conduzir análises baseadas na combinação de dados de interesse para auxiliá-los na tomada de decisão.

- Ordenar o espaço, com base em componentes de interesse espacialmente identificáveis.

478

### **Quais as principais utilidades do Sistema de Informação Geográfica (SIG), nas pesquisas em agricultura?**

No âmbito das pesquisas, o SIG é usado para:

- Detectar padrões espaciais de culturas.
- Elaborar mapeamentos que auxiliarão na simulação e na modelagem espacial.
- Buscar soluções aos problemas ligados à agricultura.

479

### **O SIG pode ser usado para reduzir os custos de produção agrícola?**

Para redução de custos com insumos o SIG pode ser utilizado no mapeamento de uma determinada plantação, com registros de ocorrência ponto a ponto. Esses registros podem indicar e registrar a incidência de pragas, doenças ou outros fenômenos nas plantações.

Nesse caso, a aplicação de defensivos ou outros insumos pode ser realizada em locais pré-determinados e não na plantação como um todo. Além disso, a utilização do SIG é essencial para o zoneamento de áreas, que contribuirá para uma melhor orientação aos produtores sobre o que plantar e onde plantar.

480

### **É possível explicar, por meio de uma imagem de satélite de uma área cultivada, se plantas de uma determinada área da imagem estão crescendo mais rápido que outras?**

Sim. Plantas de um mesmo campo de cultivo com crescimento diferenciado podem ser identificadas a partir da análise de imagens de satélites e tal comportamento é usualmente relacionado às condições edáficas do local ou em decorrência de algum tratamento particular que ela tenha recebido, tal como um regime de irrigação

ou uma adubação diferenciada. As diferenças podem ainda estar relacionadas com a data de plantio e, nesse caso, também se apresentarão em estádios de desenvolvimento diferentes.

**481** **É possível estimar a produção e a produtividade de determinada cultura usando-se imagens de satélite?**

Para previsões de colheita mais precisas é essencial considerar os fatores que afetaram o desenvolvimento das plantas naquele ano agrícola, incluindo dados meteorológicos e climáticos, propriedades do solo e práticas agrícolas usadas pelo produtor.

Para se estimar a produção e a produtividade de uma área plantada a partir, exclusivamente, de dados obtidos através de imagens de satélite é preciso conhecer as relações entre o índice de vegetação num determinado estágio de crescimento das plantas e a produtividade final. Isso é conseguido através de dados históricos dos cultivos anteriores e a precisão evolui com o aumento dos dados históricos acumulados.

Como os períodos de produção agrícolas de cada ano nunca são iguais, a presença e ou a intensidade dos fatores climáticos e mesmo qualquer variação do produtor na condução do campo podem ser responsáveis por grandes variações de produtividade agrícola.

**482** **É possível contornar as dificuldades de se usar imagens de satélite com áreas encobertas por nuvens?**

Sim. Quando se trata de áreas diminutas, o problema pode ser minimizado por meio de amostragens nas imagens ópticas ou por meio de verificações em campo, quando possíveis.

Em grandes áreas, pode-se optar por adquirir produtos que operam nas faixas de micro-ondas, mais conhecidos como radares. Eles são aptos a adquirir imagens sem que haja a interferência da cobertura de nuvens. Para cada tipo de produto (óptico ou radar), existem técnicas diferenciadas de interpretação.



**483**

### **Por que existe tanto interesse na identificação das diversas culturas plantadas por meio da geotecnologia?**

Para os gestores públicos e as diferentes cadeias produtivas é importante saber quais culturas serão produzidas no País num determinado ano agrícola. Essa informação traz benefícios econômicos, uma vez que permite planejar o orçamento e analisar tanto a capacidade de atender a demanda interna como planejar a exportação.

A adoção da geotecnologia permite com que as análises possam ser conduzidas a distância, para grandes áreas, o que agiliza e torna menos oneroso o levantamento, quando comparado às práticas convencionais de verificação em campo.

**484**

### **É possível avaliar o estado das culturas através de imagem de satélite?**

É possível, mas não é simples. A análise visual de uma imagem de satélite permite identificar algumas diferenças entre culturas, ou diferenças na mesma cultura, que podem estar associadas à sua sanidade. Existem formas de analisar as imagens ou fotografia áreas e extrair informações as quais podem auxiliar na identificação de estado das culturas, como:

- Padrões.
- Textura.
- Rugosidade.
- Tonalidades, entre outros.

Ainda que a vegetação seja verde a olho nu, pode-se notar que espécies diferentes apresentam diversas tonalidades de verde. Essas tonalidades também podem estar relacionadas ao vigor das plantas e sofrerem modificação conforme as fases vegetativas:

- Crescimento.
- Maturação.
- Senescência.

Nas imagens de satélites, nem sempre essas diferenças em tonalidades de verde são fáceis de ser distinguidas a olho nu.

As imagens operam com outras faixas de comprimento de onda, que vão além das faixas observadas pela visão humana. O uso de imagens obtidas por outras bandas ou canais vem sendo pesquisado, com o objetivo de relacioná-las com as condições vegetativas das plantas.

485

### **Qual a importância da faixa de comprimento de onda do infravermelho próximo para interpretar imagens de áreas agrícolas?**

Geralmente, a vegetação tem uma reflectância muito baixa na região do espectro que é visível aos nossos olhos. Por sua vez, a reflectância é muito maior na região do infravermelho próximo e as plantas de diferentes culturas refletem de forma diferente a energia desse comprimento de onda. Isso possibilita melhor identificar as culturas em seus diferentes estádios de desenvolvimento.

Para se identificar uma cultura por imagem de satélite, é importante haver certa familiaridade com o ciclo de crescimento:

- Germinação.
- Vegetativo.
- Polinização.
- Senescência.

Algumas culturas têm um ciclo de vida que dura 2 ou 3 meses enquanto outras precisam de mais de 6 meses para completar esse ciclo. Além disso, é preciso que se saiba como cada uma das culturas reflete no infravermelho próximo durante cada um dos seus estádios de desenvolvimento.

486

### **Qual a principal diferença entre uma imagem de satélite e outra imagem obtida por aeronaves?**

A principal diferença está na capacidade de adquirir conjuntos de imagens de diferentes aplicações, com



melhor custo-benefício, quando comparadas às imagens obtidas por sobrevoos.

Os instrumentos lançados a bordo dos satélites são programados para obter imagens sazonais do planeta, as quais podem ser usadas individualmente ou em conjunto, em análises e monitoramentos de fenômenos localizados na superfície terrestre ou na atmosfera.

Cada sensor é dotado de especificidades em relação às suas habilidades em obter imagens da superfície. Alguns apresentam resolução de quilômetros enquanto outros mostram alvos de centímetros, com precisão. O mesmo equivale à quantidade de bandas e à área de cobertura das imagens.

#### **487 O que é assinatura espectral de determinada vegetação?**

É o comportamento que determinado tipo de vegetação possui ao longo do seu ciclo vegetativo e de como essas etapas do ciclo podem ser identificadas por meio de diferentes comprimentos de onda do espectro eletromagnético. Além das faixas do visível, os sensores também podem operar em outras faixas do espectro eletromagnético e detectar dados que podem ser úteis na determinação de suas características por meio de imagens de satélites.

#### **488 Já que as plantas geralmente são verdes, por que os índices de vegetação não usam a reflectância do verde no lugar do vermelho?**

Muito embora as plantas quase sempre se apresentem verdes a olho nu, a quantidade de energia refletida nessa banda é bastante baixa, quando comparada à faixa do infravermelho próximo. A reflectância da vegetação no verde raramente passa dos 10% a 15%. Além disso, a clorofila é absorvida pelo vermelho e sua

concentração geralmente é relacionada com a saúde da planta, com a quantidade de biomassa. Por isso, é usada no cálculo do índice de vegetação.

#### **489 Como a geotecnologia está próxima do cidadão comum?**

Com a evolução das ferramentas de tecnologia da informação e comunicação (TICs), as geotecnologias foram incorporadas em várias atividades cotidianas, muitas dessas interações ocorrem com tanta naturalidade, que nem sempre as pessoas se dão conta disso. Em praticamente todas as áreas de atuação humanas, pode-se lançar mão das geotecnologias.

Sem que ninguém perceba, depara-se com:

- Produtos de interesse de determinado consumidor, no supermercado, podem ser georastreados.
- A previsão do tempo no jornal ou na televisão.
- O uso de aplicativos em celulares ou em veículos locomotores dotados de GPS (localização por satélite).
- Páginas da internet onde se consultam imagens de satélites para conferir um simples endereço que se queira chegar.

#### **490 Podem-se usar geotecnologias na sala de aula?**

Sim. O uso da geotecnologia está cada vez mais presente em ambiente escolar. Muitas crianças demonstram certa habilidade ao usar equipamentos eletrônicos em atividades cotidianas e alguns desses equipamentos já trazem consigo uma série de aplicativos que se utilizam das geotecnologias. No momento atual e por força da necessidade, até as escolas de ensino fundamental devem acompanhar o desenvolvimento tecnológico, para poder oferecer experiências de aprendizado em sintonia com as expectativas de seu público.

## Quais as vantagens de se trabalhar com geotecnologia na escola?

Diante do elenco de vantagens, eis algumas delas:

- Vantagem para o professor: dominar basicamente o uso da geotecnologia pode torná-lo independente na produção de seu próprio material didático, afinado com as expectativas e assuntos trabalhados durante o ano.
- Vantagem para o aluno: um incentivo para conectar o que aprende e com o que pode ser observado no mundo real.
- Para o processo de aprendizagem: a realização de experiências interdisciplinares, capazes de integrar temas e componentes curriculares.

A geotecnologia pode ser explorada de diversas formas em ambiente escolar. Como ela agrega uma série de ferramentas (SIG, GPS, imagens de satélites, fotografias-aéreas, mapas, bases de dados, entre outros), cada uma delas possui um potencial e pode ser trabalhada por todos os componentes curriculares, de forma particular ou em projetos e temas interdisciplinares.

## Quais componentes curriculares podem ser trabalhados com as geotecnologias?

Pesquisas apontam que as geotecnologias podem ser trabalhadas em todos os componentes curriculares, de forma particular ou ser integradas em projetos pedagógicos. Com essa capacidade de atuar num amplo espectro, elas podem ser adotadas como condutoras de projetos temáticos na escola. Por exemplo, uma escola de ensino fundamental pode desenvolver um projeto com os alunos onde seja discutida a questão do trânsito no bairro.

Cada professor fará a conexão de assuntos que dizem respeito ao seu componente curricular na discussão dessa questão. Assim, as imagens de satélite poderão ser usadas para mapear a rede viária e as condições atuais do trânsito. Alunos e professores identificarão,

no mapa, as regiões que apresentam problemas e, na sequência, o grupo pode propor ações de melhoria, envolver a comunidade e o poder público para que sejam estudadas as propostas com vistas à adoção das melhorias.

**493** **Como os alunos podem adquirir novos conhecimentos e produtos de seu aprendizado, usando as geotecnologias?**

Os estudantes são conectados com as novas tecnologias, geralmente têm certa facilidade em absorver e em utilizar ferramentas digitais em diversas atividades, que envolvem desde busca de dados quanto o uso e aplicação propriamente ditos. Assim, as conexões conceitos e definições podem ser estimuladas pelos professores com o uso das geotecnologias, aproveitando oportunidades de incluir o mundo real nas análises e no desenvolvimento de conteúdos em sala de aula.

**494** **Pode-se trabalhar o tema cidadania na escola, com o apoio de geotecnologias?**

Para a cidadania plena, o indivíduo deve conhecer o espaço em que habita e que ajuda a construir. Com apoio de geotecnologias, pode-se contribuir para aumentar o conhecimento do indivíduo sobre sua interação com o lugar e do lugar com outros níveis espaciais. Além disso, as ferramentas podem proporcionar experiências de aprendizado, de como a sociedade organiza seus diversos territórios, em lógicas que se materializam na paisagem por meio de padrões pré-estabelecidos e identificáveis em imagens de satélites.

**495** **Como trabalhar com questões ambientais e ecológicas em sala de aula, a partir do uso de geotecnologias?**

As geotecnologias podem auxiliar na discussão de conceitos, como ecossistemas, bacias hidrográficas, matas ciliares, áreas verdes

urbanas, entre outros. Com o apoio de geotecnologias, os alunos podem observar como o conceito se materializa no espaço, as diferenças que existem entre as paisagens, entre o seu lugar de vivência e outros que possam estar localizados em regiões mais distantes. Com isso, é possível trazer a realidade concreta para a sala de aula e podem-se ampliar as conexões com vista a comparações, análises e sínteses.

**496** **É possível obter informações sobre o relevo com geotecnologias?**

Sim. É possível trabalhar com formas de relevo usando-se geotecnologias. Para isso, podem ser usados Modelos Digitais de Elevação (MDE), com os quais se podem observar a disposição das altitudes de determinada região de interesse. O uso do MDE num Sistema de Informação Geográfica (SIG) pode servir para que sejam extraídas informações sobre o terreno, como declividade de vertentes, comprimento de rampa e outros. Essas informações podem auxiliar em diversas áreas, desde a construção civil até em pesquisas acadêmicas.

**497** **Como elaborar material didático com apoio de geotecnologias?**

Numa simples busca pela internet, podem-se acessar, gratuitamente, vários manuais, dados, aplicativos, SIG e imagens de satélites para que professores e alunos coloquem em prática suas atividades. Alguns produtos disponíveis na Web necessitarão de um maior conhecimento em informática ou cartografia para serem utilizados corretamente. Contudo, na internet, existem diversos aplicativos disponíveis, com acesso amigável, que permitem que o público leigo também consiga gerar material didático de boa qualidade.

498

### **O uso de imagens de satélites na escola pode substituir o estudo do meio?**

As imagens de satélites têm a capacidade de transmitir exemplos concretos de situações que ocorrem no mundo real, para a sala de aula. Nem é necessário sair da escola para ter acesso a paisagens distantes, uma vez que muitos conhecimentos que pode ser alcançados a partir das geotecnologias. No entanto, sempre que for possível, a interação presencial será importante, porque permitirá uma experiência concreta e rica aos estudantes, a qual não poderá ser integralmente substituída por um produto obtido à distância.

499

### **Como trabalhar com geotecnologias, sem auxílio de computadores?**

Embora esteja presente em grande parte das escolas, os equipamentos e a infraestrutura de acesso à internet podem ser mais restritos em alguns locais. Nesse caso, a criatividade por parte do formador será crucial para que haja o estímulo no trabalho com as geotecnologias em sala de aula.

Exemplos de trabalhos analógicos podem ser implementados, aproveitando-se as imagens de satélites disponíveis em jornais, revistas, livros didáticos, ou mesmo preparada previamente pelo formador. Atividades e apostilas podem ser elaboradas com apoio de materiais disponíveis na internet e usadas em sala de aula no desenvolvimento dos diversos temas.

500

### **Quais as principais tecnologias, produtos e serviços que podem ser gerados a partir das geotecnologias voltadas ao setor agropecuário?**

As tecnologias são os algoritmos para identificação automática de classes de uso das terras, de estágio de desenvolvimento das plantas, de patologias ou necessidades diferenciadas de insumos nos



cultivos, entre outros. Na verdade, trata-se das metodologias que fazem uso de determinado dado e de seu atributo espacial, os quais – com apoio de ferramentas computadorizadas de análise – podem ser desenvolvidos e validados para serem aplicados nos sistemas produtivos e, com isso, fornecerem informações estratégicas aos tomadores de decisão.

Os produtos serão os resultados materializados da geotecnologia e podem se constituir num mapa ou noutra forma de representação espacial do dado. Como exemplo, podem-se também citar o *software*, o WebGIS ou equipamentos desenvolvidos e que utilizam ou operam com geotecnologias ou geoinformação.

Quanto aos serviços, podem ser exemplificados pelo uso ou pelo oferecimento dos produtos baseados em geotecnologias e geoinformação, quando estes são colocados à disposição de um grupo de usuários específicos ou a toda a sociedade de maneira constante.

Quando acabados e validados, essas tecnologias, produtos e serviços podem ser transferidos para a sociedade, que delas fará uso e poderá gerar outros dados que melhor atenda aos seus propósitos.





# ***Livraria Embrapa***

Na Livraria Embrapa, você encontra  
livros, DVDs e CD-ROMs sobre  
agricultura, pecuária, negócio agrícola, etc.

Para fazer seu pedido, acesse:  
**[www.embrapa.br/livraria](http://www.embrapa.br/livraria)**

ou entre em contato conosco  
**Fone: (61) 3448-4236**  
**Fax: (61) 3448-2494**  
**[livraria@embrapa.br](mailto:livraria@embrapa.br)**

Você pode também nos encontrar nas redes sociais:

 [facebook.com/livrariaembrapa](https://facebook.com/livrariaembrapa)

 [twitter.com/livrariaembrapa](https://twitter.com/livrariaembrapa)



## Monitoramento por Satélite



número crescente de satélites e sensores, bem como a ampliação da capacidade de processamento e armazenamento de dados e informações geoespaciais, contribuíram para a popularização das geotecnologias.

Dados de sensores remotos e sistemas de informações geográficas, até pouco tempo de uso exclusivo de técnicos e pesquisadores, hoje são ferramentas comuns, inclusive no setor agropecuário, em que são utilizados na elaboração de zoneamentos, mapeamentos e monitoramentos do uso e cobertura da terra, além de indicadores de sustentabilidade e competitividade.

Motivada pelo avanço das geotecnologias – que transpuseram o campo das pesquisas e do uso corporativo e atualmente são ferramentas úteis, de fácil acesso ao cidadão – a Embrapa Monitoramento por Satélite disponibiliza ao público esta primeira edição da Coleção 500 Perguntas 500 Respostas sobre Geotecnologias e Geoinformação.

Editada em parceria com a Embrapa Informação Tecnológica, a obra contribui para ampliar e disseminar o conhecimento geoespacial, particularmente para os agentes ligados ao setor agropecuário brasileiro.

