



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES
DISCIPLINA ENGA52 GEOPROCESSAMENTO
PROF. LUIZ CARLOS FONTES

SENSORIAMENTO REMOTO

SALVADOR
2008.1

Sumário

Apresentação	3
2.0 Definições	4
3.0 Sensores Remotos	5
<i>3.1 Característica Espectral</i>	6
<i>3.2 Característica Espacial</i>	7
<i>3.3 Característica Temporal</i>	9
4.0 Como Funciona	10
5.0 Métodos de Análise	11
6.0 Imagens de Sensoriamento Remoto	16
7.0 Aplicações	18
8.0 Sensoriamento Remoto no Brasil	20
<i>8.1 Imagens adquiridas no Brasil</i>	21
9.0 Tendências Futuras	21
10.0 Bibliografia	23

1.0 Apresentação

Este TEXTO DIDÁTICO aborda, de maneira superficial, a temática contida no Plano de Ensino da disciplina ENGA 52 GEOPROCESSAMENTO, Sensoriamento Remoto, incluindo sua definição, sensores, métodos de análise e suas aplicações. Embora tratada superficialmente, o conteúdo deste módulo didático permitirá ao estudante obter uma compreensão desta geotecnologia de aquisição de informações espaciais e a sua utilidade na integração de dados voltados para **SIG**.

2.0 Definições

Sensoriamento Remoto não é uma ciência, mas sim uma tecnologia, que depende de várias ciências, e tem seus avanços diretamente ligados aos avanços destas. O principal objetivo do Sensoriamento Remoto é expandir a percepção sensorial do ser humano, seja através da visão sinóptica (panorâmica) proporcional pela aquisição aérea ou espacial da informação, seja pela possibilidade de se obter informações em regiões do espectro eletromagnético inacessíveis à visão humana.

Para obtenção dessas informações, faz-se necessário o uso de "sensores", que são equipamentos capazes de coletar energia proveniente de cada objeto, convertê-la em sinal passível de ser registrado e apresentá-lo em forma adequada à extração de informações, ou seja, na forma de uma imagem.

Para a obtenção de imagens, utiliza-se a energia eletromagnética que se propaga no vácuo com a velocidade da luz em direção ao sensor, constituindo no mais útil campo de força para a atividade do sensoriamento remoto. Essa energia eletromagnética quando incide sobre um objeto da superfície terrestre sofrerá interações com o material que o compõe. Esse fluxo incidente pode ser absorvido pelo objeto (absortância), refletido pelo objeto (reflectância) e/ou transmitido pelo objeto (transmitância). A quantidade de energia que é refletida por cada objeto é captada pelo sensor e transformada numa imagem. Para diferentes objetos, têm-se quantidades diferentes de energia refletida. Por exemplo, a energia que é refletida por áreas com solo nu é diferente da energia refletida pela água, áreas urbanas, áreas de vegetação etc.

De acordo com STEFFEN [in FRANZONI (1993)], Sensoriamento Remoto é um conjunto de atividades onde o objetivo é caracterizar as propriedades de alvos naturais, através da detecção, registro e análise do fluxo de energia radiante, por eles refletido ou emitido. A metodologia do Sensoriamento Remoto pode ser dividida em duas fases: Aquisição e Análise. A fase de aquisição está relacionada com o processo de detecção e registro da informação e a da análise é constituída do tratamento e da interpretação dos dados obtidos.

Segundo NOVO (1989), o Sensoriamento Remoto é a utilização conjunta de modernos sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados, aeronaves, espaçonaves etc., com o objetivo de estudar o ambiente terrestre, através do registro e análise das interações eletromagnéticas e as substâncias componentes do planeta Terra em suas mais diversas manifestações.

Para AMARAL (1990), Sensoriamento Remoto é definido como a aplicação de dispositivos que, colocados em aeronaves ou satélites, permitem obter informações sobre objetos ou fenômenos na superfície da terra.

Antes do advento dos satélites de sensoriamento remoto na década de 70, do século passado, o uso de fotografias aéreas era muito comum e até hoje estas fotografias são insubstituíveis para muitas aplicações. Entretanto, com o avanço

tecnológico as imagens dos sensores de satélites de sensoriamento remoto estão se aproximando da qualidade das fotografias aéreas.

Existe hoje um grande número destes satélites em órbita ao redor da Terra. Os mais conhecidos são: LANDSAT (USA), SPOT (França), JERS (Japão), ERS (Europa) e RADARSAT (Canadá).

Eles obtêm imagens com características distintas que dependem tanto do satélite quanto do sensor. Os sensores podem ser comparados aos nossos olhos. Se olharmos para uma floresta que está distante conseguimos ver apenas uma mancha de árvores. À medida que nos aproximamos desta floresta começamos a identificar árvores isoladas e se nos aproximarmos ainda mais podemos até ver os diferentes tipos de folhas. A mesma experiência poderia ser feita à distância se dispuséssemos de um binóculo ou de uma luneta. Assim, precisamos entender algumas das características básicas dos satélites e de seus sensores para conhecermos a finalidade a que se destina cada produto ou imagem de sensoriamento remoto e o que podemos e não podemos "enxergar" nestas imagens.

3.0 Sensores Remotos

Os sensores remotos estão classificados quanto à fonte de energia, em duas categorias: os **ativos** e os **passivos**.

Os sensores ativos são os que produzem sua própria radiação, trabalhando em faixas restritas do espectro e os passivos são os que dependem de uma fonte externa de energia, eles detectam a radiação solar refletida ou emitida pelos objetos da superfície terrestre. Como exemplo de produtos obtidos por sensores passivos, pode-se citar as fotografias aéreas e as imagens de satélites e, como exemplo de produtos obtidos por sensores ativos, pode-se citar as imagens de radar.

Os sensores remotos estão classificados quanto ao tipo de produto, em **não-imageadores**, os que não geram imagem da superfície sensoriada e **imageadores** os que geram imagem da superfície observada. Cita-se como exemplo de sensores não-imageadores os radiômetros de banda e os espectrorradiômetros. Os sensores imageadores dividem-se em **sensores fotográficos** e **não fotográficos**.

As fotografias aéreas são exemplos de produtos obtidos a partir de um sensor fotográfico e podem ser adquiridas através de filmes pancromático, infravermelho preto e branco, colorido, infravermelho colorido (falsa cor).

O filme pancromático registra em variações de níveis de cinza, a maioria das cores do espectro visível. O filme infravermelho preto e branco juntamente com um filtro vermelho escuro é projetado para registrar somente os raios de luz infravermelhos. Os filmes coloridos são encontrados em **positivos** e **negativos**. Os filmes positivos são aqueles que após o processamento, permitem produzir transparências que reproduzem a cena com a mesma aparência que possuem, ao serem observadas sob a luz do sol. Os filmes negativos permitem a reprodução de

cópias positivas em papel. Os filmes infravermelhos coloridos reproduzem os objetos da natureza com cores diferentes das que possuem (falsa cor).

As imagens de satélites, como por exemplo, dos satélites LANDSAT (Land Satellite) e SPOT (Système Probatoire d'Observation de la Terre), são produtos gerados pelos sensores não-fotográficos.

3.1 Característica Espectral

Uma imagem de sensoriamento remoto colorida é resultante da combinação das três cores básicas (azul, verde e vermelho), associadas através de filtros às imagens individuais obtidas em diferentes comprimentos de onda ou faixas espectrais, conforme é apresentado nas Figuras 1, 2 e 3. Vemos que um mesmo objeto, por exemplo uma floresta, pode aparecer em tonalidade verde escuro (Figura 1), vermelho (Figura 2) ou verde intenso (Figura 3) dependendo da associação feita entre as cores e as imagens obtidas nas diferentes faixas espectrais do sensor. As imagens apresentadas nestas figuras foram obtidas pelo sensor Enhanced Thematic Mapper (ETM+) a bordo de um dos satélites americanos da série Landsat. Cabe lembrar que o sensor capta a energia refletida pelo objeto num determinado comprimento de onda, portanto, objetos claros refletem muita energia (p. ex. solo exposto) enquanto objetos escuros (p. ex. água sem sedimentos) refletem pouca energia. A vegetação reflete uma quantidade muito pequena de energia na faixa espectral do vermelho, pois ela utiliza boa parte desta energia no processo da fotossíntese e, portanto, aparece em tonalidade escura na banda TM-3 que corresponde à faixa do vermelho (Figuras 2). Já na faixa do infravermelho próximo a vegetação reflete muita energia, em função da estrutura celular das folhas, de tal forma que aparece em tonalidade clara na banda TM-4 (Figura 2) que corresponde à faixa do infravermelho próximo.

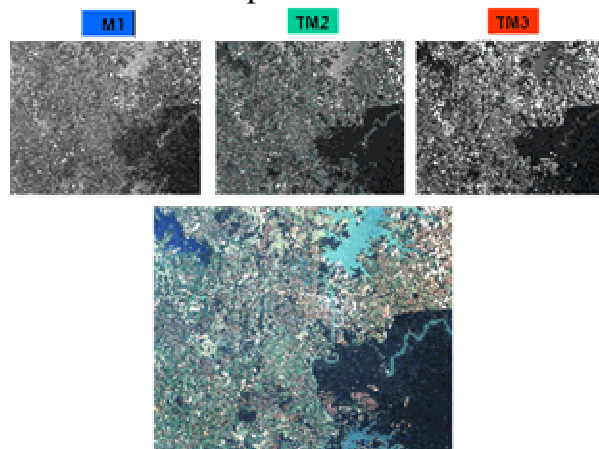


Figura 1 – Imagem em composição colorida utilizando as bandas TM-1 (azul), TM-2 (verde) e TM-3 (vermelho) do sensor ETM+ do satélite Landsat-7 (órbita 224, ponto 78) de 05 de agosto de 1999.

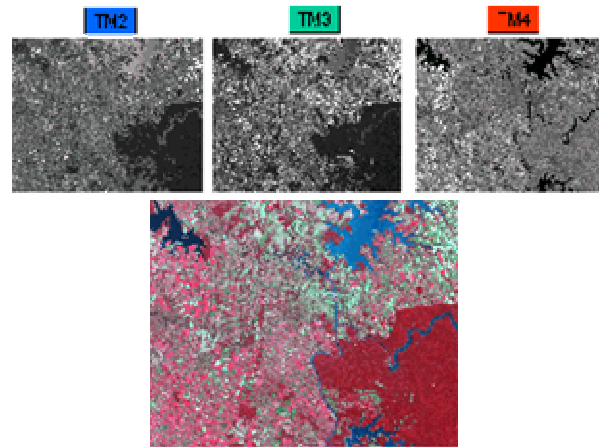


Figura 2 – Imagem em composição colorida utilizando as bandas TM-2(verde), TM-3(vermelho) e TM-4 (infravermelho próximo) do sensor ETM+ do satélite Landsat-7 (órbita 224, ponto 78) de 05 de agosto de 1999.

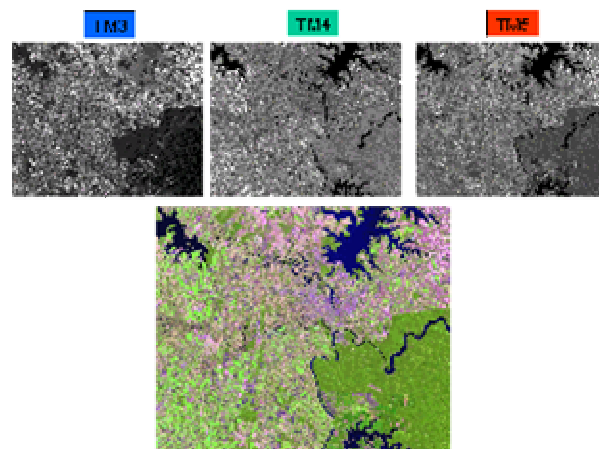


Figura 3 – Imagem em composição colorida utilizando as bandas TM-3 (vermelho), TM-4 (infravermelho próximo) e TM-5 (infravermelho médio) do sensor ETM+ do satélite Landsat-7 (órbita 224, ponto 78) de 05 de agosto de 1999.

3.2 Característica Espacial

O nível de detalhe com que podemos observar os objetos da superfície terrestre é outra característica importante das imagens de sensoriamento remoto à qual damos o nome de resolução espacial, ou seja, a capacidade que o sensor possui para discriminar objetos em função do seu tamanho. As imagens do Landsat-TM tem uma resolução espacial de 30 metros, o que implica que objetos com dimensões menores do que 30 x 30 m não podem ser identificados. A resolução espacial dos sensores a bordo dos satélites de sensoriamento remoto varia de 1 metro até 1 km. A Figura 4 apresenta uma imagem do satélite IKONOS-II com resolução espacial de 1 m na qual podemos observar nitidamente feições locais como o traçado das ruas e até mesmo árvores e casas. A Figura 5 apresenta uma imagem do sensor WFI, a bordo do satélite sino-brasileiro CBERS-1 (China-Brazil Earth Resources Satellite), com resolução espacial de 260 m na qual podemos observar feições regionais como

a distribuição das cidades ao longo do eixo Rio-São Paulo. Na Figura 6 é apresentada uma imagem do sensor AVHRR, a bordo do satélite NOAA, com uma resolução espacial de 1 km na qual observamos feições globais como por exemplo distribuição da cobertura vegetal no território brasileiro.



Figura 4 – Imagem do satélite IKONOS-II com resolução espacial de 1x1m (cedida pela Intersat), permitindo uma visão local sobre o aeroporto no Paraguai.

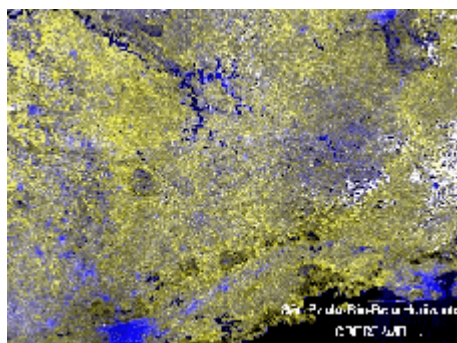


Figura 5 – Imagem do WFI, a bordo do satélite CBERS-1, com resolução espacial de 260x260m, permitindo uma visão regional de parte dos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais.

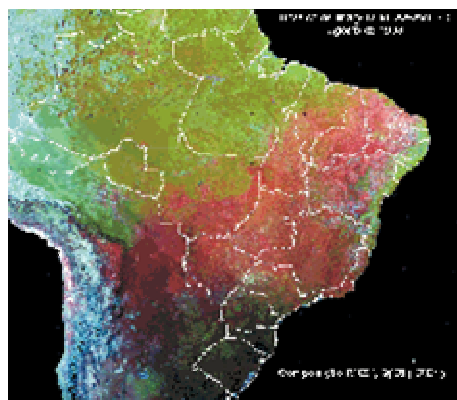


Figura 6 – Imagem do satélite NOAA do sensor AVHRR com resolução espacial de 1000x1000m (Shimabukuro & Rudorff, 2000), permitindo uma visão global.

3.3 Característica Temporal

A frequência com que a superfície terrestre é observada ou imageada é uma terceira característica importante das imagens de sensoriamento remoto. Os satélites de sensoriamento remoto orbitam ao redor da Terra em órbitas quase polar, ou seja, de um pólo a outro a uma distância da superfície terrestre em torno de 800 km, conforme é exemplificado para o satélite CBERS na Figura 7. Através da combinação sincronizada da velocidade do satélite com a rotação da Terra é possível recobrir todo planeta após um certo número de dias. Cada passagem do satélite é chamada de órbita. Dependendo do sensor, a órbita de imageamento pode ser mais larga ou mais estreita. Satélites com sensores de órbita de imageamento larga, como o NOAA-AVHRR (2.700 km), recobrem a superfície terrestre diariamente, enquanto satélites com órbita de imageamento estreita, como o IKONOS-II (11 km), podem levar quase um ano para imagear todo o planeta. Os satélites da série Landsat tem uma órbita de imageamento de 185 km e recobrem todo o planeta a cada 16 dias, ou seja, podemos obter uma imagem de uma determinada área a cada 16 dias e dizemos que a resolução temporal do Landsat é de 16 dias. Entretanto, é importante notar que para se obter imagens da superfície terrestre não pode haver a presença de nuvens, pois elas formam um anteparo entre o satélite e a superfície. Durante o período de inverno que corresponde à estação seca a probabilidade de se obter imagens livres de nuvens é alta.

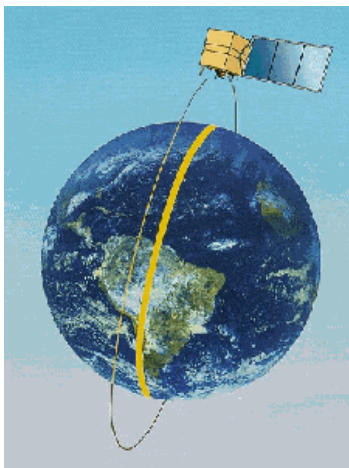


Figura 7 – Órbita do satélite CBERS: altitude 778 km; inclinação 98,504o; período 100,26 min.

4.0 Como Funciona

Os sensores captam informações resultantes da interação da energia eletromagnética com os objetos e fenômenos (matéria) da superfície terrestre. Essa energia pode ser **refletida, transmitida, absorvida** ou **emitida** pela superfície e, a partir destas interações, derivar informações importantes sobre características físicas (dimensão, forma, temperatura, cor, etc.) e químicas (composição) dos alvos em estudo. A energia captada pelos sensores pode ser oriunda de uma fonte externa ao alvo (o Sol), interna (energia térmica própria dos alvos), ou ainda proveniente do próprio sensor (pulsos de microondas).

O Sensoriamento Remoto pode ser visto como um sistema de aquisição de informações, que pode ser dividido em dois grandes subsistemas:

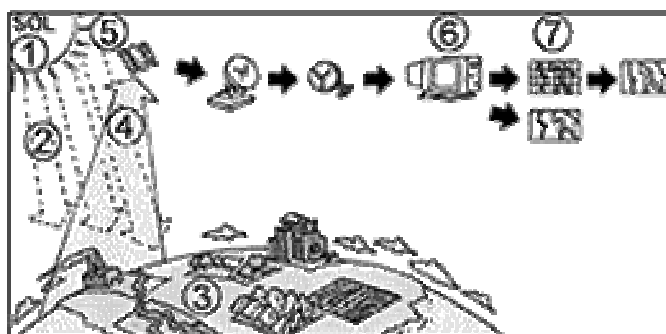
1. Subsistema de coleta de dados de Sensoriamento Remoto
2. Subsistema de análise de dados de Sensoriamento Remoto

O subsistema de coleta de dados, por sua vez, tem duas funções principais:

- a) Detecção da radiação proveniente da superfície;
- b) Transformação da radiação (energia), para posterior transmissão e registro.

A detecção da radiação depende de certos requisitos. Em primeiro lugar, deve haver uma fonte (1) de radiação eletromagnética. Essa radiação deve se propagar pela atmosfera (2) (ou pelo meio físico entre a fonte e o objeto observado) até atingir a superfície terrestre (3) (ou o objeto observado). Ao atingir a superfície terrestre sofrerá interações, produzindo uma radiação de retorno. Tal radiação se propagará pela atmosfera (4) (ou pelo meio físico entre o objeto observado e o sensor), atingindo o sensor (5). O que chega até o sensor é uma certa intensidade de energia eletromagnética (radiação) que será posteriormente transformada em um sinal (6) passível de interpretação (7). A título de exemplo, apresenta-se abaixo um paralelo com uma máquina fotográfica. O sensor é a máquina fotográfica e o detector é a emulsão fotográfica. A fonte de energia pode ser o Sol (ou uma lâmpada) e o alvo pode ser uma pessoa (ou uma região da superfície da Terra). O meio de propagação da energia entre a fonte e o alvo é o ar (atmosfera), bem como é o meio de propagação entre o alvo e o sensor. Para que a energia captada pelo sensor se transforme num sinal passível de interpretação é necessário que o filme seja revelado. Então deve-se gerar cópias em papel que serão interpretadas para obtenção de informações sobre o alvo (objeto de estudo). Veja tabela seguinte:

Componente	Exemplo da Máquina Fotográfica
1 - Fonte	Sol (ou qualquer outra fonte luminosa como uma lâmpada, por exemplo).
2 - Meio 1	Ar (atmosfera)
3 - Alvo	Pessoa (ou região da superfície da Terra)
4 - Meio 2	Ar (atmosfera)
5 - Sensor	Máquina fotográfica
6 - Processador	Aparelhos do laboratório de revelação
7 - Analista	Pessoa que observa (analisa) a foto



O subsistema de análise de dados (registro da radiação transformada) encerra uma grande variedade de funções, das quais pode-se destacar:

1. Pré-processamento (correções radiométrica e geométrica)
2. Processamento de realce (filtros e manipulações de histogramas)
3. Fotointerpretação
4. Interpretação automática
5. Modelagem.

5.0 Métodos de Análise

Os produtos obtidos por Sensoriamento Remoto orbital podem ser encontrados sob a forma de transparências positivas, papel fotográfico e, ainda fitas compatíveis com computador. As informações extraídas desses produtos podem ser obtidas através de informações analógicas e digitais.

O processo de interpretação de imagens baseiam-se em princípios de análise, que incluem métodos para detectar, identificar e medir objetos observados a partir de uma perspectiva.

As técnicas de análise digital de imagens classificam-se em: técnicas de **pré-processamento**, **técnicas de realce** e **técnicas de classificação**.

As técnicas de pré-processamento consistem na realização de operações sobre as imagens, para corrigir as distorções existentes ou melhorar o desempenho de algoritmos computacionais que deverão ser usados em fases posteriores. Entre as operações de pré-processamento, tem-se a eliminação de ruídos, a correção atmosférica e o registro.

As técnicas de realce de imagens constituem-se em transformações sobre os níveis de cinza da imagem visando melhorar a sua qualidade. Entre as técnicas mais utilizadas, pode-se citar: **Manipulação de contraste**, **filtragem espacial** e **transformação IHS** (intensidade, Matiz e Saturação).

As técnicas de classificação consistem em atribuir cada pixel da imagem a uma das possíveis classes, através de uma regra de decisão, sendo cada um dos pixels representados por um vetor, cujos elementos correspondem aos valores dos níveis de cinza de cada banda. As classes podem ser previamente determinadas, o que se denomina classificação supervisionada, ou podem ser determinadas a partir do próprio conjunto de dados, sendo, então, chamadas de classificação não supervisionada.

Os elementos básicos de análise de imagens são semelhantes entre técnicas digitais ou técnicas visuais de interpretação. De acordo com diversos autores, entre os quais pode-se citar NOVO (1989), SANTOS (1986), PEREIRA, KURKDJIAN e FORESTI (1989), os principais elementos utilizados são: **padrão**, **forma**, **tamanho**, **sombra**, **tonalidade**, **cor**, **textura**.

1. **Padrão** -Este conceito indica que um alvo no dado de sensoriamento remoto apresenta uma organização peculiar que o distingue de todos os outros. Este elemento é bastante utilizado em fotografias aéreas e em imagens de alta resolução. Em estudos de bacias de drenagem o padrão de drenagem é um elemento importante, pois ele está associado ao tipo de solo, rocha e estrutura geológica na área que está sendo estudada (Figura 6). O Padrão também nos permite identificar alguns tipos de coberturas artificiais tais como plantações, áreas de reflorestamento, áreas urbanas, distritos industriais, algumas áreas de lazer, etc



Figura 6- Imagem do Sensor AVIRIS apresentando dois padrões de drenagem diferente.

2. **Tonalidade e cor** -A tonalidade refere-se à intensidade de energia eletromagnética refletida por um tipo de alvo na superfície terrestre, em uma determinada banda do espectro eletromagnético, em outras palavras, a tonalidade está estreitamente relacionada com o comportamento espectral das diferentes coberturas da superfície terrestre. Em uma imagem de satélite, estas diferentes quantidades de energia refletida pelos alvos são associadas a tons de cinza, isto é, quanto mais energia um alvo reflete mais energia chega ao sensor a bordo do satélite. Assim este alvo será associado a um tom de cinza claro. Se ao contrário, o alvo na superfície da terra reflete pouca energia, menos energia chegará ao sensor. Assim este alvo será associado a tons de cinza mais escuro (Figura 8). O olho humano é mais sensível a cores que a tons de cinza. As cores que podemos ver é fruto da reflexão seletiva dos alvos existentes na superfície terrestre, nas distintas bandas do espectro eletromagnético. Assim, para facilitar a interpretação visual dos dados de sensoriamento, são associadas cores aos tons de cinza (Figura 8)



Figura 8- Imagem LANDSAT /TM do encontro das águas dos rios Solimões (azul claro) e Negro (preto) formando os rio Amazonas

3. **Forma e tamanho** -A forma é um elemento importante para auxiliar na interpretação visual de dados de sensoriamento remoto, ela facilita o reconhecimento de alguns alvos na superfície terrestre, tais como: estradas e linhas férreas (que apresentam formato longitudinal), cultivos (que tem

formas regulares e bem definidas, pois as culturas são plantadas em linha ou em curva de nível), reflorestamentos (que tem formas regulares), áreas irrigadas por pivô central (que apresentam formas arredondadas) reservatórios, complexos industriais, aeroportos, estruturas geológicas e geomorfologias, cidades (que apresentam formas reticulares devido aos cruzamentos de suas avenidas e ruas), rios (que apresentam forma sinuosa) etc. (Figura 9, 10, 11).

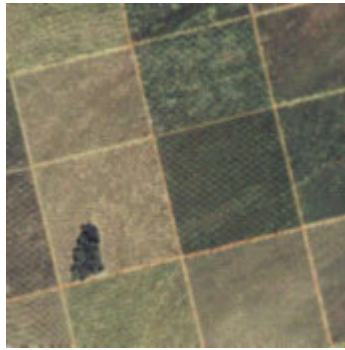


Figura 9- Imagem IKONOS de área agrícola com padrão quadriculado bem definido

Fonte : <http://www.engesat.com.br>



Figura 10- Imagem IKONOS com forma característica de sistema viário

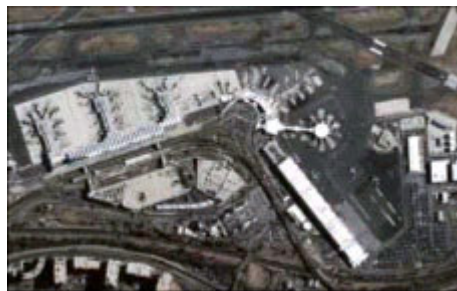


Figura 11- Imagem IKONOS com forma característica de aeroporto

Paralelamente a forma deve-se também levar em consideração o tamanho dos alvos, pois algumas vezes alvos diferentes apresentam formas semelhantes, mas tamanhos diferentes, o que auxilia na sua caracterização, por exemplo, as áreas de horticultura tem forma semelhante às áreas de plantio de cana-de-açúcar, porém elas tem tamanhos diferentes. O mesmo acontece com rios, os rios principais e os tributários têm a mesma forma sinuosa, mas tamanhos diferentes (Figura 12).



Figura 12- Imagem CBERS apresentando açudes, no estado do Ceará com tamanhos diferentes. O açude grande é o açude de Orós.

4. **Textura** -É a qualidade que se refere a aparente rugosidade ou suavidade de um alvo em uma imagem de sensoriamento remoto, ela pode “ser entendida como sendo o padrão de arranjo espacial dos elementos texturais. Elemento textural é a menor feição contínua e homogênea distinguível em uma fotografia aérea, porém passível de repetição, por exemplo, uma árvore” (Moreira, 2001).A textura varia de lisa a rugosa (Figura 13).

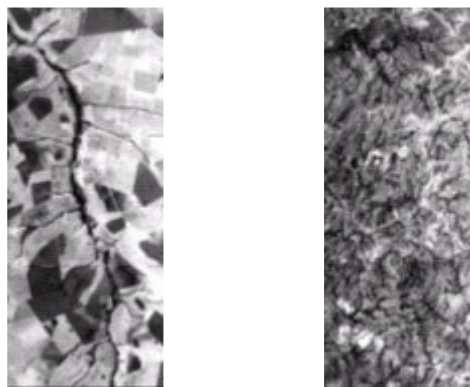


Figura 13- Imagens do sensor AVIRIS apresentando duas texturas distintas.

5. **Sombra** -É outro elemento importante na interpretação de imagens de satélite, na maioria das vezes ela dificulta a interpretação das imagens, porque ele esconde a informação onde ela está sendo projetada. De um modo

geral o relevo sempre provoca uma sombra do lado oposto a incidência do sol, fazendo com que estas áreas apresentem tonalidades escuras na imagem, dificultando assim a caracterização dos alvos na superfície terrestre (Figura 14).



Figura 14- Imagem CBERS apresentando a nuvem em branco e a sombra da nuvem em preto, esta última confunde-se com a tonalidade preta da água do açude que está na porção inferior da imagem.

NOVO e LIMA [in LOCH (1991)], fazem a distinção dos dois métodos utilizados atualmente para análise de dados de Sensoriamento Remoto, salientam que no processo visual, o principal "equipamento" de interpretação é o ser humano, que se utiliza de princípios de análise, incluindo métodos para detectar, identificar e medir os objetos observados.

No processamento digital, os sistemas eletrônicos auxiliam o intérprete na extração das informações contidas nas imagens, as quais são tratadas adequadamente de forma a realçar os detalhes requeridos ao objetivo.

6.0 Imagens de Sensoriamento Remoto

As imagens de Sensoriamento Remoto são constituídas por um arranjo de elementos sob a forma de uma malha, "grid" ou matriz. Cada elemento (cela) desta matriz tem sua localização definida com um sistema de coordenadas do tipo "coluna e linha", representados por "x" e "y", respectivamente. O nome dado a esses elementos é "pixel", derivado do inglês "picture element". Para um mesmo sensor remoto, cada pixel corresponde sempre a uma área com as mesmas dimensões na superfície da Terra. Cada pixel possui também um atributo numérico "z", que indica o nível de cinza representando a intensidade da energia eletromagnética medida pelo sensor, para a área da superfície terrestre correspondente.



Uma imagem digital pode então ser vista como uma matriz, de dimensões "x" colunas por "y" linhas, com cada elemento possuindo um atributo "z" (nível de cinza). O sistema Landsat, por exemplo, gera imagens de 6.550 x 6.550 elementos, o que significa mais de 42 milhões de pixels para cada imagem.

O termo resolução em Sensoriamento Remoto pode se desdobrar em quatro diferentes (e independentes) parâmetros: **resolução espacial, resolução espectral, resolução radiométrica e resolução temporal.**

A Resolução Espacial é definida pela capacidade do sistema sensor em "enxergar" objetos na superfície terrestre; quanto menor o objeto possível de ser visto, maior a resolução espacial. Esta resolução está diretamente relacionada com o tamanho do pixel, ou seja, uma determinada quantia em metros quadrados de área no terreno que o sensor é capaz de registrar.

A Resolução Espectral é um conceito inerente às imagens multiespectrais de Sensoriamento Remoto. É definida pelo número de bandas espectrais de um sistema sensor e pela largura do intervalo de comprimento de onda coberto por cada banda. Quanto maior o número de bandas e menor a largura do intervalo, maior é a resolução espectral de um sensor. O conceito de banda pode ser exemplificado através de fotografias, onde as imagens branco-e-preto tratam-se de apenas uma banda espectral, e as coloridas, de três bandas espectrais: vermelha, azul e verde.

A Resolução Radiométrica é dada pelo número de níveis digitais, representando níveis de cinza, usados para expressar os dados coletados pelo sensor. Quanto maior o número de níveis, maior é a resolução radiométrica. A Resolução Temporal está relacionada com a repetitividade de observação do sensor numa mesma área da superfície terrestre. O Landsat, por exemplo, possui uma repetitividade de 16 dias, ou seja, passa a cada 16 dias imageando a mesma área.

7.0 Aplicações

Os recursos naturais e o meio ambiente da Terra estão em mudanças contínuas em resposta à evolução natural e às atividades humanas. Para compreender o complexo inter-relacionamento dos fenômenos que causam estas mudanças é necessário fazer observações com uma grande gama de escalas temporais e espaciais. A observação da Terra por meio de satélites é a maneira mais efetiva e econômica de coletar os dados necessários para monitorar e modelar estes fenômenos, especialmente em países de grande extensão territorial, como o Brasil.

Através de softwares dedicados exclusivamente para tratamento de imagens, pode-se gerar imagens com diferentes composições de cores, ampliações de partes das imagens e classificações temáticas dos objetos nelas identificados, obtendo-se assim produtos como mapas temáticos que são usados para estudos de geologia, vegetação, uso do solo, relevo, agricultura, rede de drenagem, inundações, entre outros.

Estes produtos, apresentados sobre áreas específicas ou sobre um contexto mais regional, permitem diagnósticos eficientes, propõem soluções de baixo custo e criam alternativas inteligentes para os desafios enfrentados face às mudanças aceleradas que observamos em nosso território.

Os dados de sensoriamento remoto têm-se mostrado extremamente úteis para estudos e levantamentos de recursos naturais, principalmente por:

- a) Sua visão sinótica, que permite ver grandes extensões de área em uma mesma imagem;
- b) Sua resolução temporal que permite a coleta de informações em diferentes épocas do ano e em anos distintos, o que facilita os estudos dinâmicos de uma região;
- c) Sua resolução espectral que permite a obtenção de informações sobre um alvo na natureza em distintas regiões do espectro, acrescentando assim uma infinidade de informações sobre o estado dele;
- d) Sua resolução espacial, que possibilita a obtenção de informações em diferentes escalas, desde as regionais até locais, sendo este um grande recurso para estudos abrangendo desde escalas continentais, regiões até um quarteirão.

Desde o lançamento do primeiro satélite de recursos terrestres, o LANDSAT em junho de 1972, grandes progressos e várias pesquisas foram feitas na área de meio ambiente e levantamento de recursos naturais fazendo uso de imagens de satélite.

Após o advento destes satélites os estudos ambientais deram um salto enorme em termos de qualidade, agilidade e número de informações. Principalmente os países em desenvolvimento foram os grandes beneficiados desta tecnologia, pois através de seu uso é possível:

- atualizar a cartografia existente;
- desenvolver mapas e obter informações sobre áreas minerais, bacias de drenagem, agricultura, florestas;
- melhorar e fazer previsões com relação ao planejamento urbano e regional;
- monitorar desastres ambientais tais como enchentes, poluição de rios e reservatórios, erosão, deslizamentos de terras, secas;
- monitorar desmatamentos;
- estudos sobre correntes oceânicas e movimentação de cardumes, aumentando assim a produtividade na pesca;
- estimativa da taxa de desflorestamento da Amazônia Legal;
- suporte de planos diretores municipais;
- estudos de Impactos Ambientais (EIA) e Relatórios de Impacto sobre Meio Ambiente (RIMA);
- levantamento de áreas favoráveis para exploração de mananciais hídricos subterrâneos;
- monitoramento de mananciais e corpos hídricos superficiais;
- levantamento Integrado de diretriz para rodovias e linhas de fibra ótica;
- monitoramento de lançamento e de dispersão de efluentes em domínios costeiros ou em barragens;
- estimativa de área plantada em propriedades rurais para fins de fiscalização do crédito agrícola;
- identificação de áreas de preservação permanente e avaliação do uso do solo;
- implantação de pólos turísticos ou industriais;
- avaliação do impacto de instalação de rodovias, ferrovias ou de reservatórios;

Um exemplo de um produto regional é o planejamento regional que envolve pesquisadores de diversas áreas dos recursos terrestres, para realizar um trabalho de levantamento integrado com base na técnica de sensoriamento remoto aliado a dados sócio-econômicos dos municípios de toda região. O resultado deste estudo permite que programas de desenvolvimento sejam estabelecidos para toda a região, de maneira harmônica, considerando as necessidades reais dos municípios e sua vulnerabilidade quanto ao meio ambiente físico.

Outro exemplo muito oportuno trata do uso de imagens de satélite como âncora para o Zoneamento Ecológico e Econômico de regiões onde a ação antrópica ainda não aconteceu de forma intensa, como no caso da Amazônia. Neste exemplo, pesquisadores analisam uma área procurando identificar seus principais atributos físicos a fim de conhecer a vocação natural das paisagens e seu nível de suporte para desenvolvimento ou preservação.

Um exemplo menos regional se refere à utilização de imagens de satélite adquiridas durante o período de preparo do solo, para estimar a área plantada com a cultura da soja, trigo, milho, cana-de-açúcar, etc.

A vantagem do sensoriamento remoto por satélite é que as informações são adquiridas na forma digital ou fotográfica e podem ser atualizadas devido à característica de repetitividade de aquisição das imagens.

8.0 Sensoriamento Remoto no Brasil

O Brasil iniciou os investimentos na capacitação de profissionais e no desenvolvimento de infra-estruturas que viabilizasse a aplicação das técnicas de sensoriamento remoto ao final da década de 1960. No início dos anos 70, todas as atividades concentram-se na recepção e na utilização de imagens orbitais MSS dos satélites da série Landsat. Contudo, o conhecimento disponível naquela época restringia-se à viabilização da identificação de feições específicas existentes na superfície terrestre que, por sua vez possibilitou a elaboração de mapas temáticos variados.

Em meados da década de 80, com o lançamento do sensor Thematic Mapper (TM) a bordo do satélite Landsat 4 e posteriormente do Landsat 5, a resolução espacial mais fina e o maior número de faixas espectrais exploradas deste sensor em relação a seu sensor antecessor MSS, abriram novas possibilidades da aplicação das técnicas de sensoriamento remoto, incluindo não só os mapeamentos temáticos como também para estudos de quantificação de parâmetros biofísicos (por exemplo: biomassa florestal) mediante o uso dos dados radiométricos existentes nas imagens geradas.

Independentemente do academismo intrínseco das atividades que orbitavam o uso das técnicas de sensoriamento remoto, começaram a surgir às primeiras empresas que passaram a vender serviços, explorando os conhecimentos que foram sendo adquiridos por instituições de pesquisa como o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Estas empresas, por sua vez, passaram também a desenvolver suas próprias soluções aos problemas que foram surgindo como decorrência ao atendimento de serviços cada vez mais sofisticado e específico. Assim, o país passou a contar com inúmeras possibilidades de aplicação das técnicas de sensoriamento remoto que vêm agora sofrendo modificações até de cunho conceitual. Os trabalhos que se concentravam no uso de imagens orbitais ou de fotografias aéreas visando o mapeamento de uma determinada feição ou classe de cobertura de superfície terrestre, e que, portanto exigiam uma perfeita compreensão de que se baseavam especificamente as técnicas de sensoriamento remoto, passaram a exigir outros conhecimentos como aqueles voltados para armazenamento e à manipulação de dados georreferenciados, muitos dos quais eram e ainda são originados através da inspeção destas imagens e/ou fotografias aéreas. Esse conhecimento faz-se cada vez mais necessário em função das novas possibilidades do uso dos sensores até então disponíveis como o MSS e o TM. É o caso do sensor colocado a bordo do satélite IKONOS que tem como objetivo gerar imagens com pixel de 4 a 5 metros, em faixas espectrais que vão do visível ao infravermelho próximo.

8.1 Imagens adquiridas no Brasil

O Brasil recebe as imagens dos satélites de sensoriamento remoto para todo o território brasileiro e boa parte da América do Sul através de uma antena de recepção localizada no centro geométrico da América do Sul em Cuiabá-MT. Existem hoje dezenas de satélites de sensoriamento remoto pertencentes a diferentes países. O Brasil recebe as imagens dos satélites Landsat-5 e -7, CBERS-1, SPOT e NOAA-AVHRR. Imagens do satélite IKONOS-II podem ser adquiridas do Brasil através do gravador de bordo e posterior transmissão dos dados para uma estação de recepção nos EUA. Desde fevereiro de 2001, o Brasil está gravando também as imagens do satélite canadense RADARSAT. Este satélite gera imagens na faixa das microondas na qual a radiação proveniente da superfície terrestre é detectada por meio de antenas, e não através de um sistema de lentes e detectores.

9.0 Tendências Futuras

O Sensoriamento Remoto orbital completou 25 anos em 1997. O marco inicial é representado pelo lançamento do sensor Multispectral Scanner (MSS), a bordo do Landsat-1.

A futura geração de sensores busca oferecer maiores opções em termos de informações precisas, representativas dos fenômenos e objetos superficiais e, principalmente, que cheguem rapidamente às mãos dos usuários. Neste sentido pode-se citar as seguintes tendências:

- Sistemas com maior resolução espacial: Hoje limitada aos 10 metros do Spot-Pan e, mais recentemente, aos 5 metros do IRS-1C-Pan, essa resolução deverá ser aumentada para 3 e 1 metro nos próximos 2 anos. As imagens com essas características atenderão aos mercados de planejamento urbano (AM/FM, LIS), Cartografia e Ortofotogrametria digitais, logística civil e militar, etc.
- Sistemas com maior resolução espectral: Hoje a maior resolução espectral disponível é a de 7 bandas, do Landsat. Com o lançamento do Aster (Japão – EUA), as mesmas faixas do Espectro Eletromagnético deverão ser cobertas por 14 bandas.
- Regiões ainda pouco exploradas do Espectro Eletromagnético deverão ser cobertas por novos sensores, destacando-se o infravermelho termal e as microondas.
- O tempo decorrido entre a aquisição dos dados pelo sensor orbital e a entrega ao usuário final deverá diminuir consideravelmente, através de

novos canais de distribuição, como a Internet e os canais de grande largura de bandas para transmissão dos dados.

Outro aspecto importante é o uso integrado de imagens de Sensoriamento Remoto com informações auxiliares num GIS (Sistema de Informação Geográfica), proporcionando mais refino na interpretação de um determinado tema. A vantagem do uso integrado das informações, para corrigir, atualizar e manter bases de dados cartográficos e Sistemas de Informação Geográfica vêm sendo amplamente demonstrada nos últimos anos. Dados provenientes de Sensoriamento Remoto são e certamente continuarão sendo a maior fonte de dados para muitos Sistemas de Informação Geográfica, e cada vez mais estarão gerando informações atualizadas e precisas, com rapidez e eficiência.

10.0 Bibliografia

Garcia, G.J. Sensoriamento Remoto: Princípios e Interpretação de Imagens - Editora Nobel, 1982

10.1 Webgrafia

<http://www.croce.ggf.br/SR/SR2/CAP1.htm>

<http://www.fatorgis.com.br/sensoremap.asp>

http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/introducao_sen.html

<http://www.geofree.hpg.ig.com.br/sensoriamentoremoto/sensoriamentoremoto1.htm>

http://www.herbario.com.br/fotomicrografia07/prodsenso_remoto.htm