



Ministério da
Ciência e Tecnologia



INPE-15327-PUD/199

**DESASTRES NATURAIS E
GEOTECNOLOGIAS-SENSORIAMENTO REMOTO,
CADERNOS DIDÁTICOS Nº 2**

Tania Maria Sausen

Registro do documento original:

<<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2009/06.03.14.25>>

INPE
São José dos Campos
2008

PUBLICADO POR:

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Gabinete do Diretor (GB)

Serviço de Informação e Documentação (SID)

Caixa Postal 515 - CEP 12.245-970

São José dos Campos - SP - Brasil

Tel.:(012) 3945-6911/6923

Fax: (012) 3945-6919

E-mail: pubtc@sid.inpe.br

CONSELHO DE EDITORAÇÃO:

Presidente:

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação Observação da Terra (OBT)

Membros:

Dr^a Maria do Carmo de Andrade Nono - Conselho de Pós-Graduação

Dr. Haroldo Fraga de Campos Velho - Centro de Tecnologias Especiais (CTE)

Dr^a Inez Staciarini Batista - Coordenação Ciências Espaciais e Atmosféricas (CEA)

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Dr. Ralf Gielow - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPT)

Dr. Wilson Yamaguti - Coordenação Engenharia e Tecnologia Espacial (ETE)

BIBLIOTECA DIGITAL:

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação de Observação da Terra (OBT)

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Jefferson Andrade Ancelmo - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Simone A. Del-Ducca Barbedo - Serviço de Informação e Documentação (SID)

REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Marilúcia Santos Melo Cid - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Yolanda Ribeiro da Silva Souza - Serviço de Informação e Documentação (SID)

EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:

Viveca Sant´Ana Lemos - Serviço de Informação e Documentação (SID)



DESASTRES NATURAIS e GEOTECNOLOGIAS Sensoriamento Remoto



CADERNO DIDÁTICO Nº. 2

**Santa Maria, RS, Brasil
Julho de 2008**



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

DESASTRES NATURAIS E GEOTECNOLOGIAS

Sensoriamento Remoto

Tania Maria Sausen

**INPE/CRS
Santa Maria**

2008

SUMÁRIO

| | Pág. |
|---|------|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 06 |
| 2. DEFINIÇÃO DE SENSORIAMENTO REMOTO | 07 |
| 3. A RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA..... | 10 |
| 4. O ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO..... | 13 |
| 5. O COMPORTAMENTO ESPECTRAL DE ALVOS..... | 15 |
| 6. OS SENSORES REMOTOS..... | 16 |
| 7. RESOLUÇÃO DE UM SISTEMA SENSOR..... | 20 |
| 7.1 Resolução Espacial..... | 20 |
| 7.2 Resolução Espectral..... | 22 |
| 7.3 Resolução Radiométrica..... | 23 |
| 7.4 Resolução Temporal..... | 23 |
| 8. CARCATERÍSTICAS DAS IMAGENS DE SATÉLITE..... | 25 |
| 9. NÍVEIS DE COLETA..... | 26 |
| 10. ESTAÇÕES TERRENAS DE RECEPÇÃO DE DADOS..... | 27 |
| 11. MAPAS DE ÓRBITA..... | 29 |
| 12. ELEMENTOS DE INTERPRETAÇÃO DAS IMAGENS DE SATÉLITE..... | 33 |
| 12.1 Padrão..... | 33 |

| | | |
|--------|---------------------------------|----|
| 12.2 | Forma e Tamanho..... | 33 |
| 12.2.1 | Forma..... | 33 |
| 12.2.2 | Tamanho dos alvos..... | 35 |
| 12.3 | Tonalidade e cor..... | 36 |
| 12.4 | Textura..... | 36 |
| 12.5 | Sombra..... | 37 |
| 13. | REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS..... | 39 |

PREFÁCIO

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

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

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

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

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

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

Tania Maria Sausen
Coordenadora GEODESASTRES-SUL

1.INTRODUÇÃO

Recorrendo a uma breve história do sensoriamento remoto temos que em 1958 foi criada, pelo governo dos Estados Unidos, a Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço-NASA que deu grande impulso as atividades espaciais no mundo ocidental. Em 25 de maio de 1961, o Presidente John F. Kennedy, em seu famoso discurso ao congresso dos Estados Unidos anunciou como uma meta nacional pousar um astronauta norte americano na Lua, para isto foram criados os programas Mercury, Gemini e Apollo, que se desenvolveram de forma seqüencial, com o objetivo primordial de por o homem na órbita da Terra e na Lua.

Todos estes programas, porém, acabaram dando um grande impulso ao sensoriamento remoto, principalmente pelo fato de que durante os vôos foram tomadas uma série de fotografias coloridas sobre várias regiões do mundo demonstrando o valor da fotografia orbital para os estudos dos recursos naturais.

A formação das equipes para o desenvolvimento dos instrumentos que atenderiam a estes três programas impulsionou o Programa de Recursos Naturais da NASA. Acontece que estes instrumentos tinham que ser testados e calibrados em terra antes de poder ser usados nos estudos lunares. Durante os testes descobriu-se que os sistemas de inteligência militar eram úteis às aplicações lunares bem como a muitos usos na área civil. Com isto, mais e mais cientistas começaram a se envolver no Programa de Recursos Naturais e muitos viam esta área da tecnologia como uma ferramenta para aumentar o nosso conhecimento sobre a Terra e, possivelmente, para solucionar muitos dos problemas enfrentados pelo homem. Esta área da tecnologia passou então a ser conhecida como Sensoriamento Remoto (Linz e Simonett, 1976).

O Termo Sensoriamento Remoto

O termo **sensoriamento remoto** foi cunhado por um grupo de pesquisadores do Grupo de Geografia da Divisão de Pesquisas Navais dos Estados Unidos.

O termo **sensoriamento** se refere à obtenção dos dados.

O termo **remoto** é porque estes dados são captados remotamente, **à distância, sem que haja contato físico entre o sistema sensor e o objeto ou área sensoriada.**

Os avanços tecnológicos dos anos 60 resultaram na criação do programa LANDSAT da NASA e em 23 de julho de 1972 os Estados Unidos lançaram o primeiro satélite de sensoriamento remoto, o ERTS-1, mais tarde denominado LANDSAT-1, a partir daí passou-se a receber imagens da Terra desde o espaço de forma regular a cada 18 dias. Este foi o primeiro programa de satélite de sensoriamento remoto do mundo e permanece até hoje. Aqui, definitivamente, começou a era do sensoriamento remoto orbital, aqui esta tecnologia teve o seu grande e definitivo impulso, a partir daqui as informações sobre os recursos naturais de nosso planeta mudaram totalmente a visão que se tinha da Terra.

Depois do lançamento do satélite LANDSAT surgiram dezenas de programas de satélites de Observação da Terra, já tendo sido lançados mais de 65 satélites deste tipo construídos por países como Alemanha, Canadá, China e Brasil, Coreia, França, Índia, Inglaterra, Israel e Japão.

2. DEFINIÇÃO DE SENSORIAMENTO REMOTO

Em 09/12/1986, a Assembléia geral da ONU, em sua Resolução 41/65 criou ou "**Princípios de Sensoriamento Remoto**", num total de quinze princípios. No Princípio I é mencionado que o termo "**sensoriamento remoto significa o sensoriamento remoto da superfície da Terra a partir do espaço que utiliza as propriedades das ondas**

eletromagnéticas emitidas, refletidas e difracionadas pelos objetos sensoriados, para melhorar a gestão dos recursos naturais, o uso da terra e a proteção do meio ambiente”.

Moreira (2001) menciona em seu livro que ***“sensoriamento remoto é o conjunto de atividades utilizadas para obter informações a respeito dos recursos naturais, renováveis e não renováveis do planeta Terra, através da utilização de dispositivos sensores colocados em aviões, satélites ou, até mesmo na superfície”.***

Florenzano (2002) menciona que ***“sensoriamento remoto é a tecnologia que permite obter imagens e outros tipos de dados, da superfície terrestre, através da captação e do registro da energia refletida ou emitida pela superfície”.***

De uma forma geral e mais simplificada, ***“Sensoriamento Remoto”*** é a técnica de se adquirir informações sobre um alvo na superfície da Terra, **por meio da captação da energia eletromagnética refletida ou emitida por ele e sem que haja contato físico entre este alvo e o sistema sensor que capta esta energia.** Posteriormente, estas informações são gravadas e processadas para serem analisadas nas diversas áreas de aplicações.

Na aquisição de informações por meio do sensoriamento remoto há duas fases importantes:

- A aquisição de dados, propriamente dita, que se refere aos processos de detecção e registro da informação;
- A utilização e análise dos dados, que compreende o tratamento e a extração de informação dos dados coletados.

A principal fonte natural de ***radiação eletromagnética*** utilizada no sensoriamento remoto é o ***sol*** que pode ser comparado a um "flash" de uma câmara fotográfica. Os sistemas sensores captam a radiação

eletromagnética refletida ou emitida pelos objetos na superfície da Terra (Figura 1).

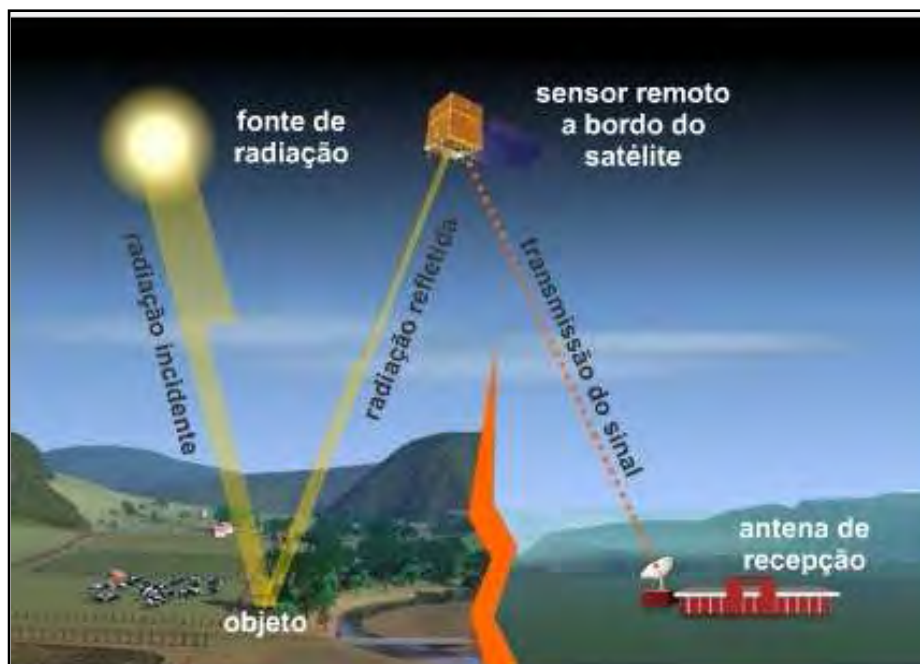


Figura 1 -Exemplo de coleta de informações da superfície da terra por meio de sensoriamento remoto orbital e o papel da radiação eletromagnética neste processo. Fonte: Sausen et al, 2005

Na figura 1 pode se observar que o sol ilumina a superfície terrestre, através da propagação da radiação eletromagnética pelo espaço. A radiação atinge a superfície da Terra, é refletida por esta para o espaço e pode ser captada por um sistema sensor a bordo de um satélite. Quando refletida de volta para o sensor trás informações sobre a superfície da Terra.

Estas informações são posteriormente retransmitidas, na forma de sinais eletrônicos, para a Terra, onde são captados por antenas parabólicas programadas para rastrear este tipo de satélite conforme mostrado na Figura 2.

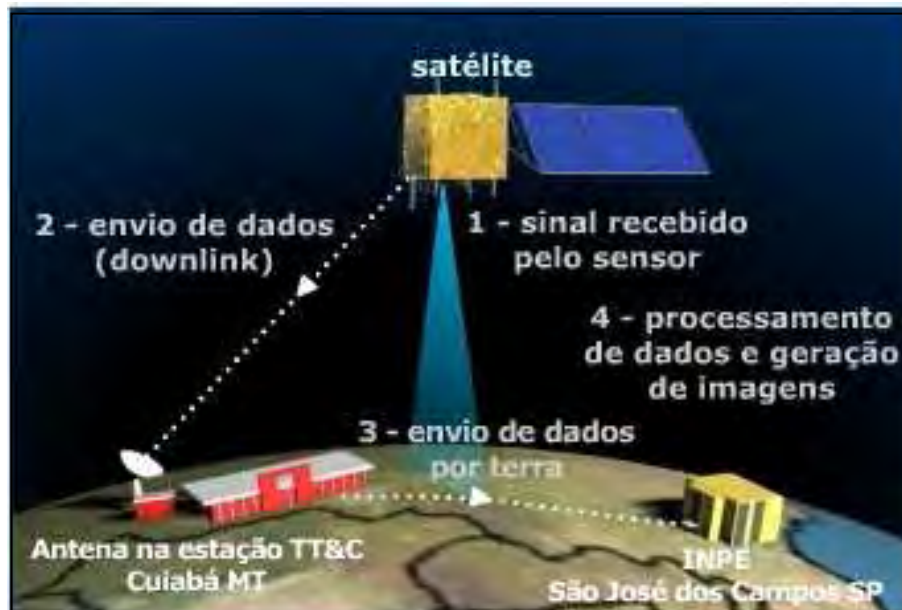


Figura 2 - Retransmissão dos dados sensorizados à superfície da Terra e captados por antenas terrenas de recepção de dados.
Fonte: Sausen et al, 2005

3. A RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA

Radiação Eletromagnética

A **radiação eletromagnética** (REM) é a principal fonte de energia utilizada pela maioria dos sistemas sensores e é definida como **sendo a forma de energia que se move no formato de ondas ou partículas eletromagnéticas à velocidade da luz (300.000 km/s) e que não necessita de um meio físico para se propagar.**

A radiação eletromagnética emitida ao incidir sobre a superfície de outra matéria pode ser refletida, absorvida ou transmitida. Quando absorvida, a energia é geralmente reemitida em um outro comprimento de onda e trás informações sobre a temperatura do alvo sensorizado.

Ela pode se propagar na forma de ondas, que **“são perturbações periódicas ou oscilações de partículas ou do espaço, por meio das quais muitas formas de energia se propagam a partir de suas fontes”** (Moreira, 2001).

Uma onda é caracterizada pela sua frequência, amplitude e o comprimento de onda na qual ela se propaga.

A **freqüência** é igual à velocidade de propagação dividida pelo comprimento de onda, refere-se ao número de vezes que uma onda passa por um ponto no espaço em um determinado intervalo de tempo. Já o **comprimento de onda** se refere à distância entre uma crista de onda e a crista subsequente, e a **amplitude** é a altura da onda no eixo Y, conforme mostrado na figura 3. O comprimento de onda e a frequência são inversamente proporcionais.

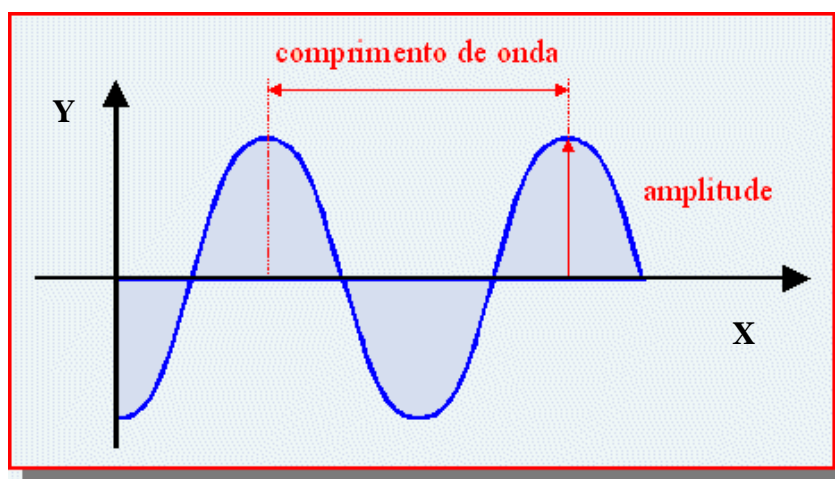


Figura 3 -Representação gráfica de amplitude e comprimento de onda
Fonte:<http://www.cema.org.br/imagens/quadrofisica8.gif>

Existem várias denominações para as **radiações eletromagnéticas** que variam de acordo com a frequência e o comprimento da onda, tais como radiação gama, raios X, ultravioleta, radiação visível que corresponde à luz que ao incidir sobre os nossos olhos provocam a sensação de cor. As ondas de rádio, de televisão e as microondas também são ondas eletromagnéticas. Todas apenas diferem uma das outras pelo seu comprimento. A Figura 4 faz uma comparação entre os diferentes comprimentos de ondas eletromagnéticas e objetos existentes na natureza.

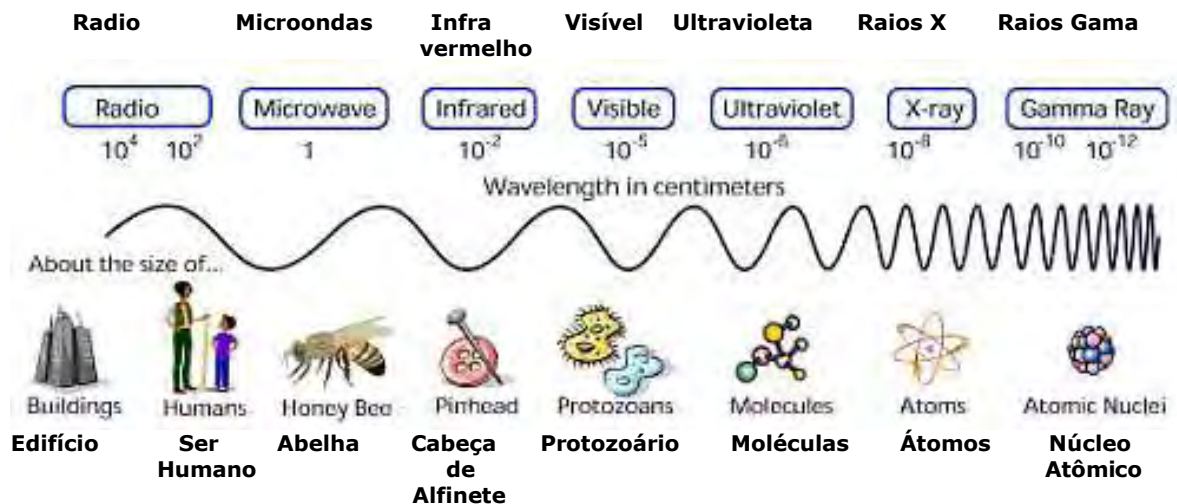


Figura 4- O comprimento de ondas no espectro eletromagnético desde as ondas de rádio muito longas até as muito curtas, os raios gamas. O comprimento de ondas está representado em centímetros.

Fonte: <http://imagers.gsfc.nasa.gov/ems/waves3.html>

Geralmente as ondas necessitam de um meio material para se propagarem, com exceção das **ondas eletromagnéticas**, que podem se propagar no vácuo. No sensoriamento remoto é este tipo de onda que é utilizada. Estas ondas são compostas por duas ondas interdependentes e transversais, uma de campo elétrico e outra de campo magnético, sendo que, uma onda não pode existir sem a outra. O campo elétrico e o magnético, perpendiculares entre si, oscilam perpendicularmente à direção de propagação da onda, como mostra a figura 5.

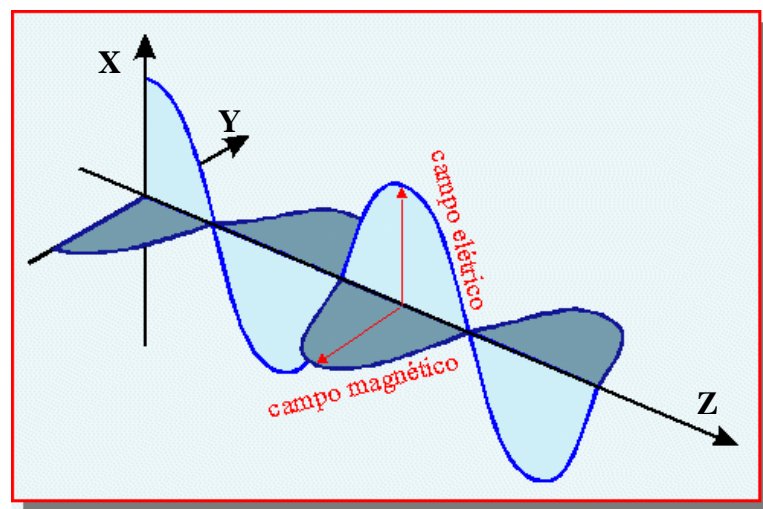


Figura 5- Representação gráfica dos campos elétrico e magnético

Fonte: <http://www.cema.org.br/imagens/quadrofisica8.gif>

4. O ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

A faixa de comprimento de onda e a frequência em que a radiação eletromagnética se propaga é praticamente ilimitada. A forma de representar a distribuição desta radiação por regiões de acordo com o comprimento de onda e a frequência é o **Espectro Eletromagnético**. Este é dividido em diversas faixas, indo desde comprimentos de ondas curtas e com alta frequência como os raios cósmicos e os raios gama (γ) até comprimentos de onda longos e de baixa frequência como as ondas de rádio (Figura 6).

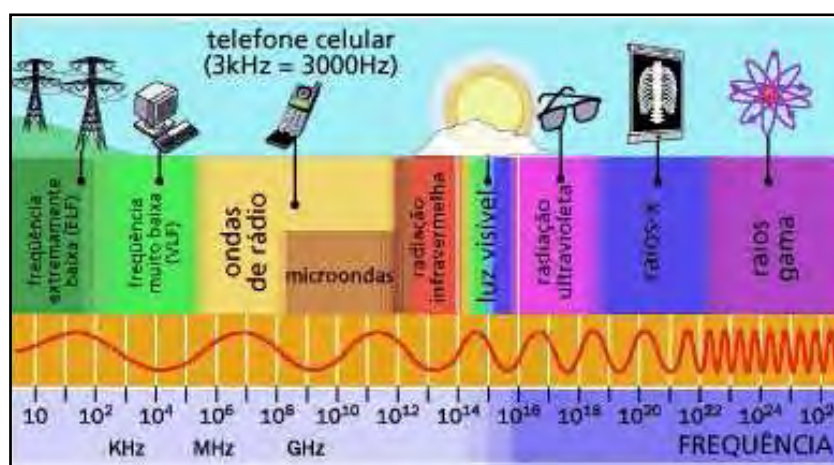


Figura 6- O espectro eletromagnético e como são utilizados os diferentes comprimentos de onda

Fonte: <http://eletronicos.hsw.uol.com.br/radiacao-dos-telefones-celulares1.htm>

Na região do visível e do infravermelho a representação da radiação do espectro eletromagnético se dá através do comprimento de onda. Já na faixa dos raios gama e raios X a representação se dá através da energia; enquanto que na faixa das microondas e das ondas de rádio a representação se dá através da frequência.

Nossos olhos são sensíveis apenas a uma pequena porção do espectro eletromagnético, a do espectro solar denominada região visível, a qual se estende de cerca de $0,44 \mu\text{m}$ (violeta) até cerca de $0,74 \mu\text{m}$ (vermelha). É nesta região onde o olho humano enxerga a energia eletromagnética (luz). Esta por sua vez pode ser dividida em faixas que representam as diferentes cores (**azul**, **verde** e **vermelho**) como mostra a figura 7.



Figura 7- Porção do espectro solar em destaque em relação às outras porções do espectro eletromagnético.

Fonte: <http://educar.sc.usp.br/optica/espectro.gif>

Nem todas as faixas do espectro eletromagnético podem ser utilizadas para a obtenção de informações em sensoriamento remoto. Isto ocorre porque a atmosfera é opaca a certos tipos de radiação do espectro eletromagnético devido à absorção da radiação pelos componentes da atmosfera.

Em algumas faixas do espectro a atmosfera é relativamente transparente à radiação, chamadas de **janelas atmosféricas**. Somente nelas, onde a radiação é transparente à radiação, é possível coletar dados da superfície da terra através de sensores remotos a bordo de satélites (Figura 8).

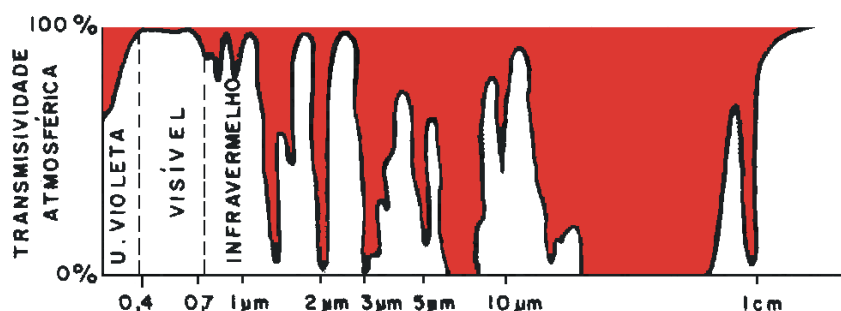


Figura 8- Nesta figura as partes vermelhas correspondem às faixas do espectro eletromagnético onde a atmosfera é opaca a certos tipos de radiação dificultando assim a coleta de informações, as partes claras correspondem àquelas faixas onde a atmosfera é relativamente transparente.

Pode-se observar que as faixas que são transparentes correspondem às faixas do visível (0,4 a 0,7 μ m) região onde o olho humano enxerga a energia eletromagnética (luz), as diversas sub-faixas no infravermelho (0,7 a 15 μ m-próximo, médio e distante ou termal) e às microondas (>1cm). São, exatamente nestas faixas, que operam os sensores remotos utilizados para os estudos de recursos naturais, meio-ambiente e prevenção e mitigação de desastres naturais.

5.0 COMPORTAMENTO ESPECTRAL DE ALVOS

Primeiro vamos definir o que é um alvo em sensoriamento remoto, ***é todo objeto, natural ou criado pelo homem, sobre a superfície da Terra e que pode ser identificado por um sensor remoto.***

Cada objeto reflete, absorve e transmite a radiação eletromagnética em proporções que podem variar de acordo com o comprimento de onda e em função das suas diversas características, ou seja, cada objeto tem um ***comportamento espectral*** distinto o qual é determinado quando sua energia refletida é medida ao longo do espectro eletromagnético.

Esta variação de energia refletida pelos objetos pode ser representada por meio de curvas, chamadas de ***curvas espectrais***, que representam o comportamento espectral de cada objeto.

Assim, por exemplo, uma área de floresta apresenta uma radiação refletida e uma curva espectral diferente de uma área urbana, de um corpo d'água ou de uma área agrícola. Esta diferença na radiação refletida pelos objetos faz com que seja possível identificá-los e diferenciá-los nas imagens obtidas por sensores remotos (Figura 9).

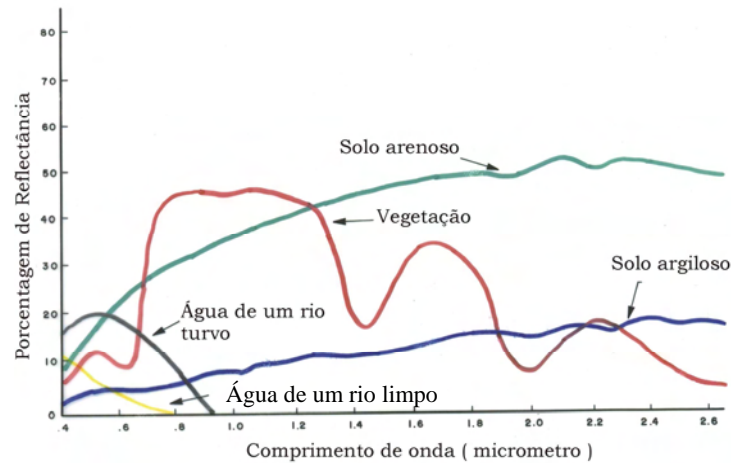


Figura 9-Curvas espectrais da vegetação, do solo e da água em função do comprimento de onda da radiação refletida.

Pode-se observar na figura 9 que em determinadas partes do espectro eletromagnético os alvos nela representados podem ser bem diferenciados uns dos outros, como por exemplo, o solo argiloso do solo arenoso ou o solo argiloso da vegetação, devido as diferentes intensidades e formas que cada um deles reflete no espectro eletromagnético, caracterizando assim uma curva espectral para cada um deles.

6. OS SENSORES REMOTOS

Por meio da propagação das ondas eletromagnéticas que incidem sobre os nossos olhos, recebemos informações sobre os objetos à distância. Em geral, os aparelhos que captam e registram a energia refletida ou emitida pelos objetos na superfície da terra, são chamados de sensores remotos. Estes são equipamentos eletrônicos, tais como, por exemplo, as câmaras fotográficas e de vídeo, imageadores óptico-eletrônicos ou de microondas, como os radares, postos a bordo de satélites e aeronaves.

Um exemplo típico de sensor remoto são os nossos olhos. Por meio da propagação das ondas eletromagnéticas, que incidem sobre eles, recebemos informações sobre objetos à distância. Os primeiros sensores remotos construídos tomaram como base o mecanismo da visão humana. Um exemplo bastante comum de sensor remoto são as câmaras fotográficas utilizadas para fotografar nossas férias e festas de aniversário.

As câmaras fotográficas e de vídeo captam energia na região do visível e do infravermelho próximo. No caso das câmaras fotográficas mais antigas o filme fotográfico funcionava como o detetor que capta e registra a energia proveniente de um objeto ou área fotografada.

Os **sensores remotos** eletrônicos, a bordo de satélites ou aeronaves, são equipamentos que coletam a energia proveniente dos objetos na superfície da Terra e a convertem em um sinal elétrico passível de ser registrado e posteriormente transmitido para antenas localizadas nas Estações Terrenas de Recepção. Este sinal, por sua vez, é processado para gerar produtos digitais compatíveis à análise em computador ou produtos fotográficos para análise visual.

Os sistemas sensores orbitais são ferramentas indispensáveis para a realização de inventários, mapeamentos e monitoramento de recursos naturais, bem como o monitoramento, a prevenção e a mitigação de desastres naturais.

Tipos de Sensores

Há dois tipos de sensores:

Sensores Passivos-São os que necessitam de uma fonte externa de energia, no caso o sol, para poder operar. Estes sensores operam na faixa do visível e infravermelho do espectro eletromagnético. A maioria dos sensores imageadores a bordo de satélites são sensores passivos. Eles são úteis para analisar fenômenos tais como queimadas, ilhas de calor, inundação, lahar, rastros de tornado, avaliar danos causados por vendavais, furacões, etc.

Sensores Ativos-São sensores que tem uma fonte própria de energia, eles não dependem de uma fonte externa. Estes sensores operam na faixa das microondas do espectro eletromagnético. Eles são bastante úteis para analisar fenômenos tais como áreas inundadas ou alagadas, derrames de óleo na água do mar,

Os sensores passivos, os mais comuns, encontrados a bordo dos satélites LANDSAT, SPOT, CBERS, IKONOS, SAC-C sofrem sérias limitações para operarem em locais com grande cobertura de nuvens, tais como na Amazônia, na região nordeste do Brasil, no sul da Patagônia, na região da Terra do Fogo, na Antártica e no Ártico, uma vez que as nuvens encobrem os alvos na superfície da terra. O efeito é exatamente o mesmo quando estamos na praia tomando sol e uma nuvem se interpõe entre nós e o sol. A presença de nuvens pode impedir que a radiação eletromagnética proveniente do sol chegue até a superfície da terra, isto fará com que o sensor registre apenas a energia que foi refletida pela própria nuvem e não a energia proveniente dos alvos na superfície da terra que estão embaixo da nuvem (Figura 10).

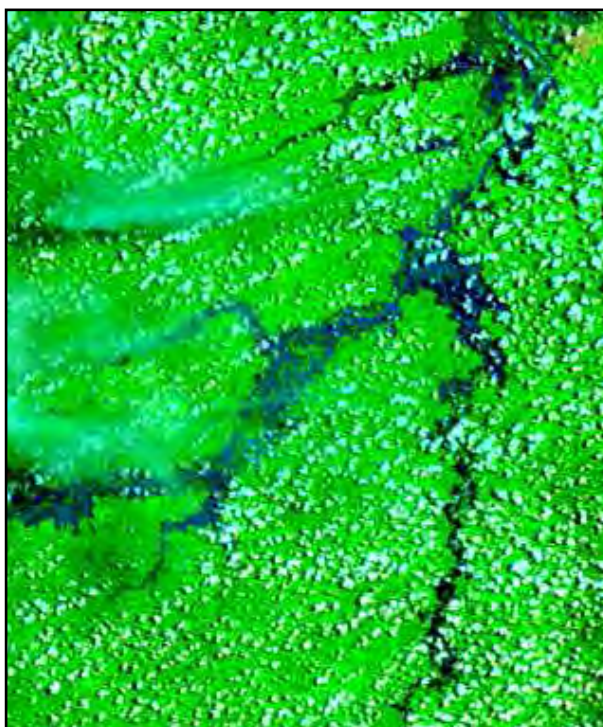


Figura 10- Imagem do sensor MODIS/Terra da cheia no rio Parnaíba, PB, ocorrida em 11/04/2008, a cobertura de nuvens na região dificulta o monitoramento deste evento.

Fonte:

http://earthobservatory.nasa.gov/NaturalHazards/natural_hazards_v2.php3?img_id=14783&src=map

Já os sensores ativos, do tipo radar, que são encontrados a bordo dos satélites da série ERS, RADARSAT e ENVISAT por operarem na região das microondas, captam imagens durante o dia bem como à noite e em qualquer condição meteorológica (incluindo tempo nublado e com chuva).

Esta é a grande vantagem deste tipo de sensor em relação aos sensores passivos, pois eles podem operar com mais eficiência exatamente nas áreas de grande cobertura de nuvens, como as citadas anteriormente, onde os sensores passivos têm restrições ou em áreas com grande cobertura de florestas como as regiões de florestas tropicais (Figura 11).

Os sensores do tipo radar têm seu princípio de funcionamento baseado no radar natural do morcego, que emite um sinal de energia em direção a um objeto e registra o sinal que retorna dele, com isto ele pode evitar os obstáculos que encontra pelo caminho.



Figura 11- Imagem do sensor ativo do satélite RADARSAT da Baía de Guanabara, onde aparece um derramamento de óleo na porção noroeste superior da baía.
Fonte: <http://www.rsi.ca/products/gallery/rs1.asp>
Setembro de 2004

Os sensores passivos e ativos, que estão bordo dos satélites mencionados, são do tipo **imageadores**, eles possuem um sistema de varredura que capta dados em diferentes faixas espectrais, na forma de uma imagem, composta por milhares de pontos ordenados em linhas e colunas, semelhantes ao princípio utilizado pelas impressoras matriciais, para imprimir uma figura. Assim, tomando como exemplo uma imagem do sensor TM a bordo dos satélites LANDSAT 4 e 5, teremos em torno de 6.000 linhas, 7.000 colunas e 42.000.000 pontos. Estes valores são para cada banda do sensor (Figura 12).

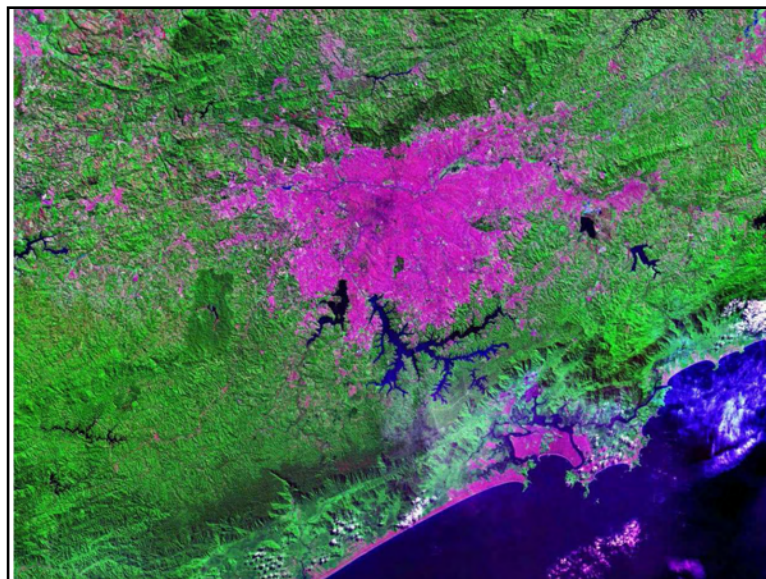


Figura 12- Imagem do sensor passivo TM do satélite LANDSAT da região de São Paulo e Baixada Santista, SP, adquirida no dia 20/04/2002
Fonte: http://landsat.usgs.gov/images/gallery/11_L.jpg

Portanto, o correto é dizer imagem de satélite e não fotografia de satélite, pois o conceito de fotografia implica na existência de um filme fotográfico no sensor, coisa que não existe, por exemplo, no sensor TM do satélite LANDSAT, no HVV do satélite francês SPOT e os sensores WFI e IRMSS do satélite sino-brasileiro CBERS. Estes sistemas sensores geram imagens com diferentes resoluções espaciais, temporais, espectrais e radiométricas.

7.RESOLUÇÃO DE UM SISTEMA SENSOR:

A **Resolução** refere-se à habilidade que um sistema sensor possui para distinguir objetos na superfície da Terra. A resolução de um sensor implica em quatro aspectos:

- Resolução espacial;
- Resolução espectral;
- Resolução radiométrica;
- Resolução temporal.

7.1-A resolução espacial se refere ao menor elemento ou superfície que pode ser distinguida por um sistema sensor. Este tipo de resolução tem um papel importante na interpretação das imagens, porque nos dá o nível de

detalhe das informações adquiridas pelo sensor. Quanto maior for a resolução espacial de um sensor (1metro), maior é o nível de detalhe sobre o alvo sensoriado e menor é a área imageada, de forma oposta, quanto menor for a resolução espacial de um sensor (1km) menor será o nível de detalhe sobre o objeto sensoriado e maior será a área imageada (Figuras 13). Hoje estão disponíveis sistemas sensores cuja resolução espacial pode variar de 1 metro como o que está a bordo do satélite IKONOS (visível e infravermelho), a 250 metros como o sensor MODIS a bordo dos satélites Aqua e Terra, até 4km como o sensor VISSR (infravermelho) a bordo do satélite meteorológico GOES.



Figura 13-Extrato de cena IKONOS modo Pancromático, com 1mde resolução espacial da marina da Glória e aeroporto Santos Dumont, na cidade do Rio de Janeiro, RJ, adquirida em 28/02/2000. Copyright SPACE IMAGING 2001.

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

Este tipo de resolução permite a obtenção de informações em diferentes escalas, desde as continentais até as locais; possibilita a visão de áreas em grande detalhe, mas com pouca extensão territorial até áreas de pouco detalhes, mas recobrando grandes extensões, tais como todo um continente

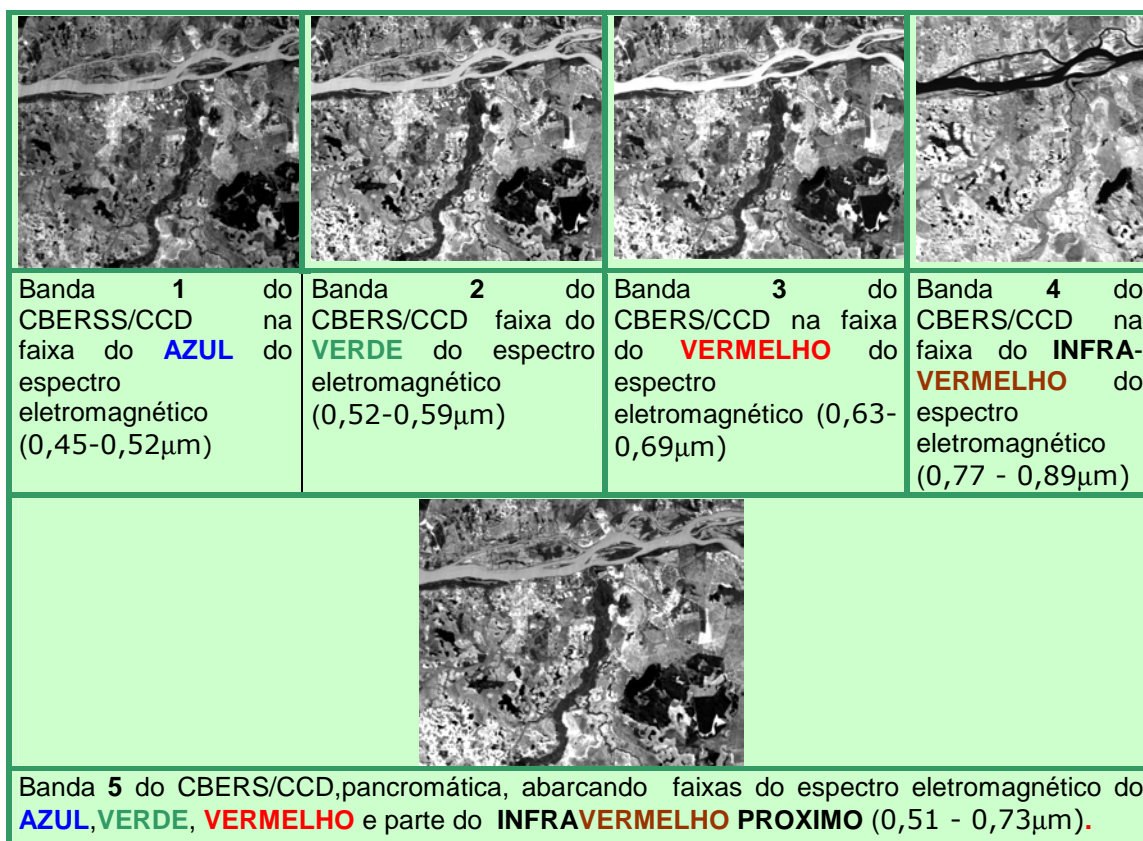
em uma mesma imagem. É bastante útil para monitorar eventos tais como furacões e ciclones extratropicais (Figura 14).



Figura 14- Imagem Satélite GOES onde observa-se o furacão Catarina que atingiu a costa brasileira em de 27 de março de 2004.

Fonte: <http://eee.sat.cnpm.embrapa.Br/satelite/gos.html>

7.2-A *resolução espectral* se refere ao número de bandas ou largura de bandas espectrais que um sensor pode discriminar. Quanto mais estreita for a largura de faixa em que opera um determinado sensor ou quanto maior o número de bandas nele existente maior é a resolução espectral. Hoje existem sensores cujo número de bandas pode variar de 1 como o caso do PRISM do satélite ALOS a, por exemplo, 36 bandas como o sensor MODIS a bordo dos satélites TERRA e Aqua. Na Figura 16 observa-se uma imagem do sensor CCD do satélite CBERS de um trecho do rio Jacuí, no centro do estado do Rio Grande do Sul, em cinco faixas diferentes do espectro eletromagnético (Quadro 1).



Quadro 1- Imagem de um trecho do rio Jacuí, RS, nas cinco bandas do sensor CCD do satélite CBERS
 Fonte: <http://www.dgi.inpe.br>

7.3-A resolução radiométrica se refere à sensibilidade do sensor, ou seja, a sua capacidade para detectar variações na radiância espectral que recebe. A resolução radiométrica de um sensor indica o número de níveis de cinza por ele detectado. A grande maioria dos sensores orbitais trabalha com 256 níveis de cinza, o NOAA-AVHRR trabalha com 1024 níveis de cinza. O olho humano pode distinguir em torno de 16 a 24 níveis de cinza. Na melhor das hipóteses, o olho humano pode detectar cerca de 30 a 40 tons de cinza (MUSSATTO, et al, 2005).

7.4-A resolução temporal se refere à frequência de cobertura de um sensor, ou seja, a periodicidade com que este sensor adquire imagens de uma mesma porção da superfície da Terra. No caso do LANDSAT/TM é de 16 dias, no SAC-C é de 24 dias, no CBERS é de 26 dias. A resolução temporal possibilita o uso de dados temporais para estudos de recursos naturais e meio-ambiente, pois os dados são coletados em datas diferentes,

o que permite o monitoramento de fenômenos dinâmicos, tais como, inundações, desmatamento, crescimento urbano, monitoramento de secas, deslizamentos, impactos ambientais, etc (Figura 16).

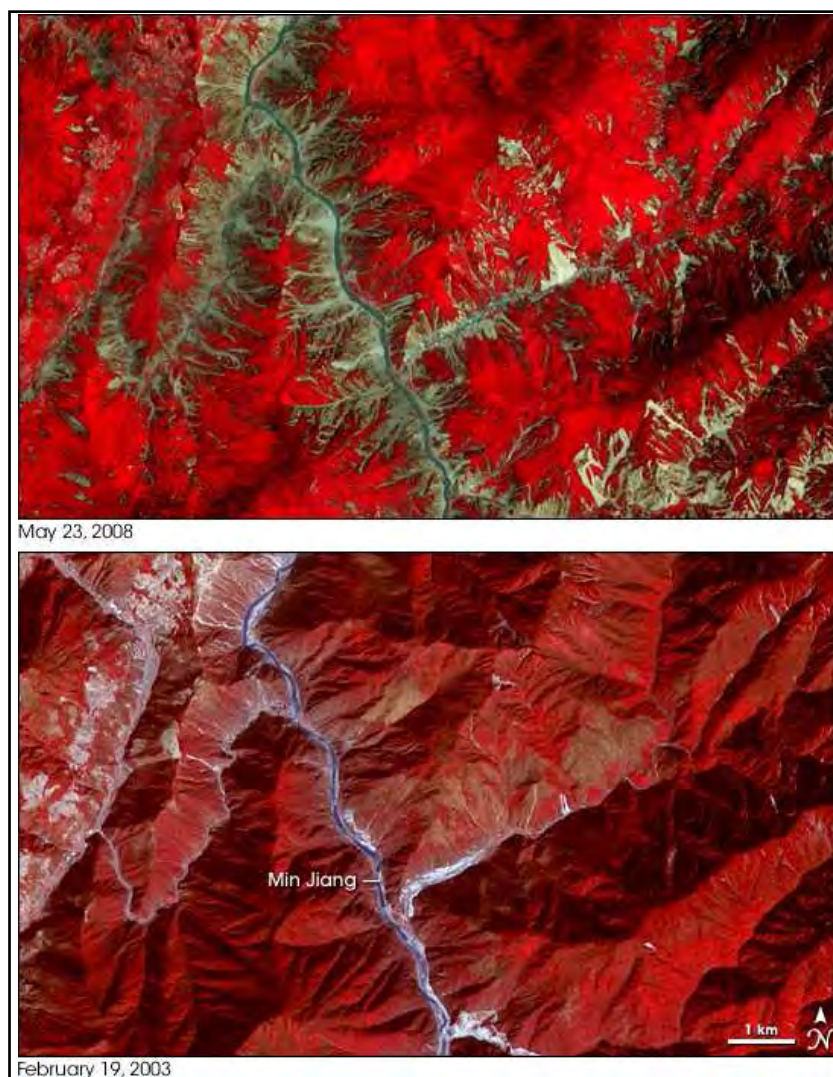


Figura 16- Imagem do sensor ASTER de deslizamentos na China em Sichuan antes (19 de fevereiro de 2003) e após (23 de maio de 2008) o terremoto ocorrido na região de em 14/04/2008

Este tipo de resolução permite a coleta de informações em diferentes épocas do ano e em anos diferentes, o que facilita os estudos dinâmicos sobre uma região. A data de coleta do dado é um elemento importante, pois alguns alvos na superfície terrestre mudam sua resposta espectral em função da estação do ano. Além disto é possível fazer estudos dos eventos

de desastres antes, durante e depois de sua ocorrência, permitindo assim a avaliação de danos.

8. CARACTERÍSTICAS DAS IMAGENS DE SATÉLITE

Originalmente, as imagens de satélites são obtidas em preto e branco. Porém, O olho humano é mais sensível a cores que aos 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, criando-se desta forma uma imagem de satélite colorida. Ela é resultante da combinação das três cores básicas (**azul**, **verde** e **vermelho**) associadas, por meio de recursos computacionais, às imagens individuais obtidas em diferentes comprimentos de onda ou faixas espectrais. Este é o mesmo mecanismo da visão a cores nos seres humanos (Figuras 17 e 18).

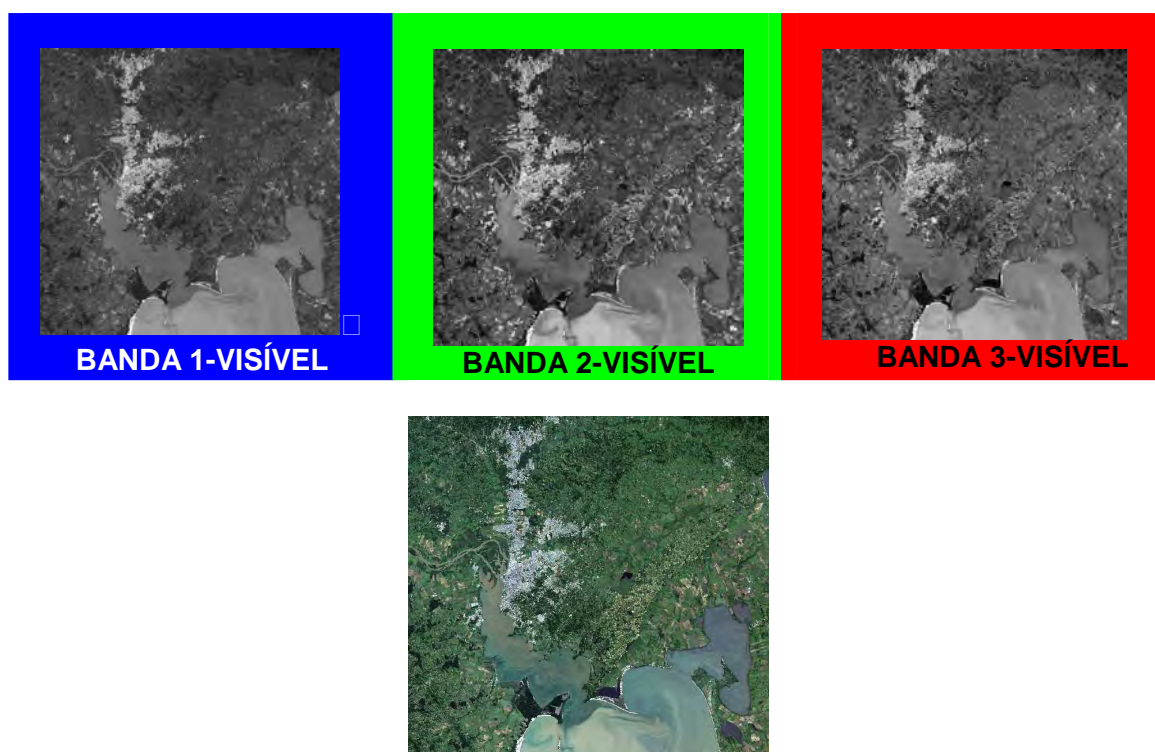


Figura 17- Imagem LANDSAT-TM da cidade de Porto Alegre, lago Guaíba e parte da laguna dos Patos, RS. Composição colorida utilizando três bandas nos comprimentos de onda do visível.

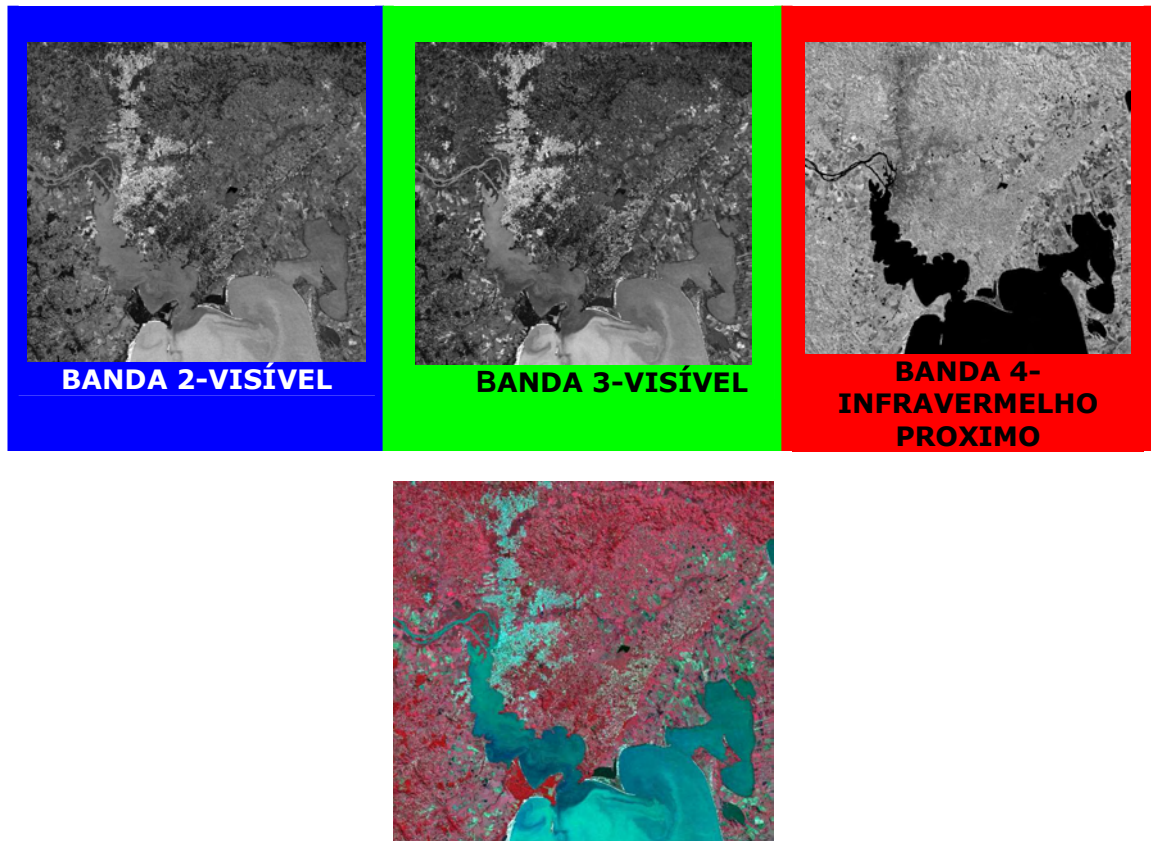


Figura 18- Imagem do satélite LANDSAT-TM, colorida, utilizando três bandas, duas nos comprimentos de ondas do visível e uma no infravermelho próximo.

9.NÍVEIS DE COLETA DE DADOS:

Os dados de sensoriamento remoto podem ser coletados em três diferentes níveis:

- Terrestre,
- Aéreo
- Orbital.

Em função dos níveis de coleta são utilizados diferentes sensores e obtidos diferentes dados (Figura 19).

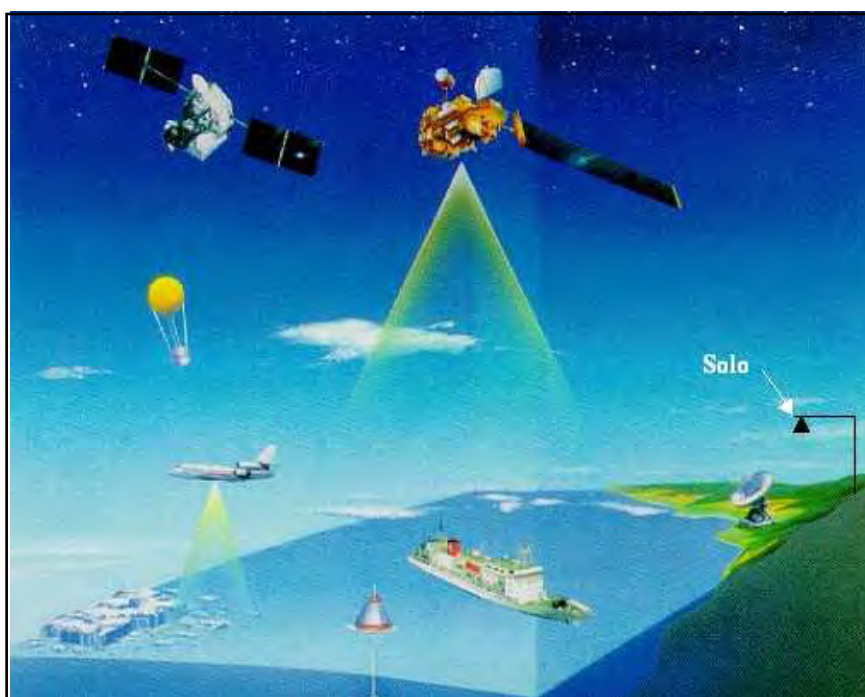


Figura 19 - Níveis de coleta de dados de sensoriamento remoto

No nível orbital os sensores estão a bordo de satélites e estações espaciais, que estão localizados no espaço entre 400km e 36.000km de altitude. No nível aéreo são utilizados aviões que carregam os instrumentos sensores a bordo e estão em torno de 7 a 10km de altitude. No nível terrestre os instrumentos sensores estão a poucos metros da superfície terrestre, em torno de 50 cm a 30 metros de altura.

Dependendo do tipo de estudo a ser realizado ou projeto desenvolvido, são utilizados dados de diferentes níveis de coleta separadamente ou de forma combinada.

10. ESTAÇÕES TERRENAS DE RECEPÇÃO DE DADOS

Há uma rede de antenas de recepção de dados de sensoriamento remoto ao redor do mundo de tal forma que toda a superfície da Terra possa ser rastreada por estes satélites e seus dados captados em várias regiões do mundo, proporcionando uma cobertura completa do globo terrestre (Figura 20).

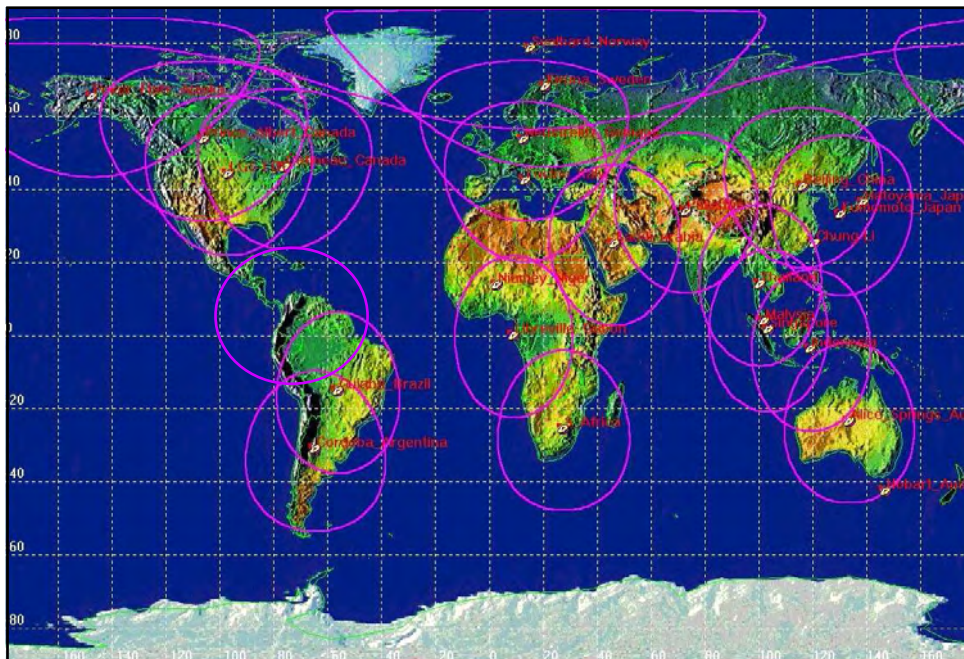


Figura 20- Rede de antenas de recepção de dados de satélite de sensoriamento remoto ao redor do mundo onde estão salientadas as estações sul-americanas.

Na América do Sul há três estações terrenas de recepção de dados, a estação operada pelo INPE em Cuiabá, no Brasil, a estação operada pela CONAE, em Faldas del Carmen, Província de Córdoba, na Argentina e a estação operada pela CLIRSEN, em Cotopaxi, Equador (Figura 21)



Figura 21- Localização das estações de rastreamento e recepção de dados de satélites de sensoriamento remoto na América do Sul, Cuiabá (círculo preto), Faldas del Carmen (círculo vermelho) e Cotopaxi (círculo verde).

Conforme se pode observar na figura 5 há uma sobreposição na área recoberta pelas antenas, o que permite que o usuário obtenha dados destas

áreas, caso ocorra problemas de recepção em uma das antenas. Os sinais eletrônicos captados por elas serão posteriormente processados por computadores e transformados em dados na forma de gráficos, tabelas ou imagens e passados aos usuários, que os utilizarão, principalmente as imagens, no estudo dos recursos naturais e do meio-ambiente.

Depois dos Estados Unidos e do Canadá, o Brasil foi o terceiro país no mundo a instalar uma estação de recepção e gravação de dados de satélites de sensoriamento remoto, para receber os sinais do satélite americano LANDSAT. Esta estação está localizada na cidade de Cuiabá, estado do Mato Grosso, no centro geográfico da América do Sul, no Centro de Cuiabá do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE. Iniciou sua operação em maio de 1973 e grava continuamente dados de sensoriamento remoto, dos satélites LANDSAT e CBERS de todo o território nacional e de quase toda América do Sul. Os sinais são recebidos através de antenas parabólicas de 10 e 12 metros de diâmetro.

Estes dados de sensoriamento remoto, depois de captados pelas antenas em Cuiabá, são encaminhados para a Divisão de Geração de Imagens-DGI do INPE, localizada na cidade de Cachoeira Paulista, estado de São Paulo, que é responsável pela recepção, processamento e distribuição de imagens.

11. MAPAS DE ÓRBITAS

Para que se possa selecionar uma imagem de satélite é necessário consultar um mapa de órbitas/ponto referente ao satélite cujos dados sejam de interesse do usuário. Este mapa é na realidade um mapa índice, que dá a localização do centro de cada uma das imagens captadas pelos satélites, dentro da área de abrangência de uma antena específica.

Nele estão indicadas, por meio de um sistema de coordenadas, o **Sistema Mundial de Referência**, em inglês World Reference System-WRS, as órbitas percorridas pelo satélite, no sentido longitudinal e a latitude. Para cada satélite há um mapa de órbita específico, e estes se assemelham, o

que muda em geral é a numeração ou a forma de indicação que pode ser feita somente por número ou por números e letras.

As órbitas têm direção aproximada de N-S e são numeradas na linha paralela à do Equador e sua numeração cresce no sentido E-O. Cada órbita é dividida por segmentos numerados, denominados pontos, indicados ao longo da linha paralela aos meridianos (sentido E-O) e sua numeração cresce no sentido N-S (Figura 22).

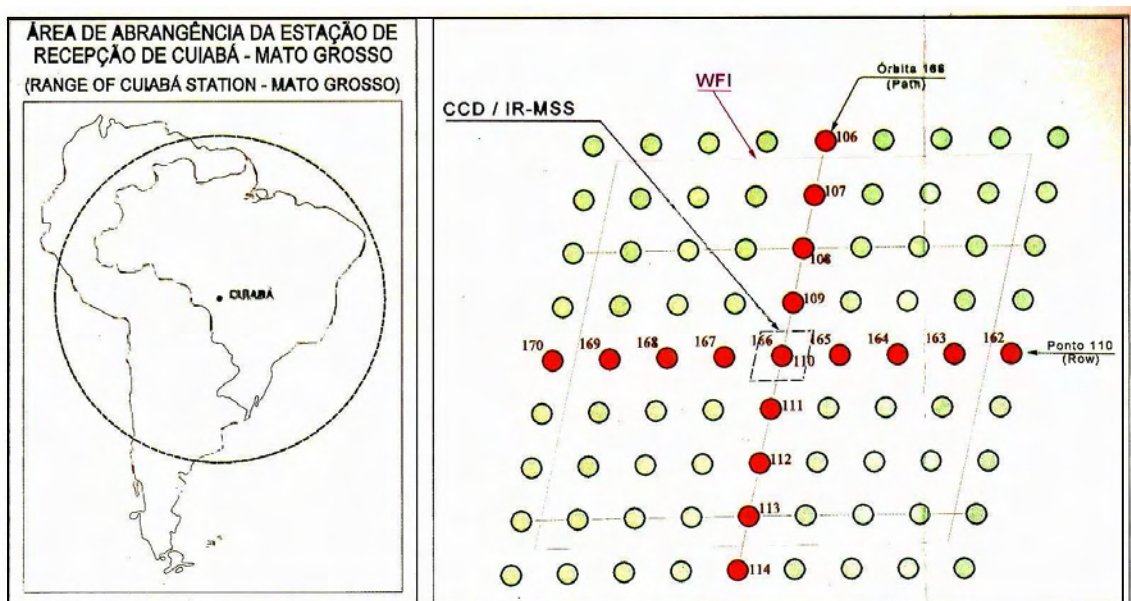


Figura 22-Esquema das órbitas e pontos dos sensores a bordo do Satélite CBERS

No caso do satélite CBERS, por exemplo, para que se possa localizar o centro de cada imagem, é necessário fazer-se a intersecção de um número de órbita com um número de ponto. Assim, na intersecção da órbita 157 com o ponto 134 pode-se identificar a área central da imagem correspondente a cidade de Porto Alegre, no Rio Grande do Sul (Figura 23).

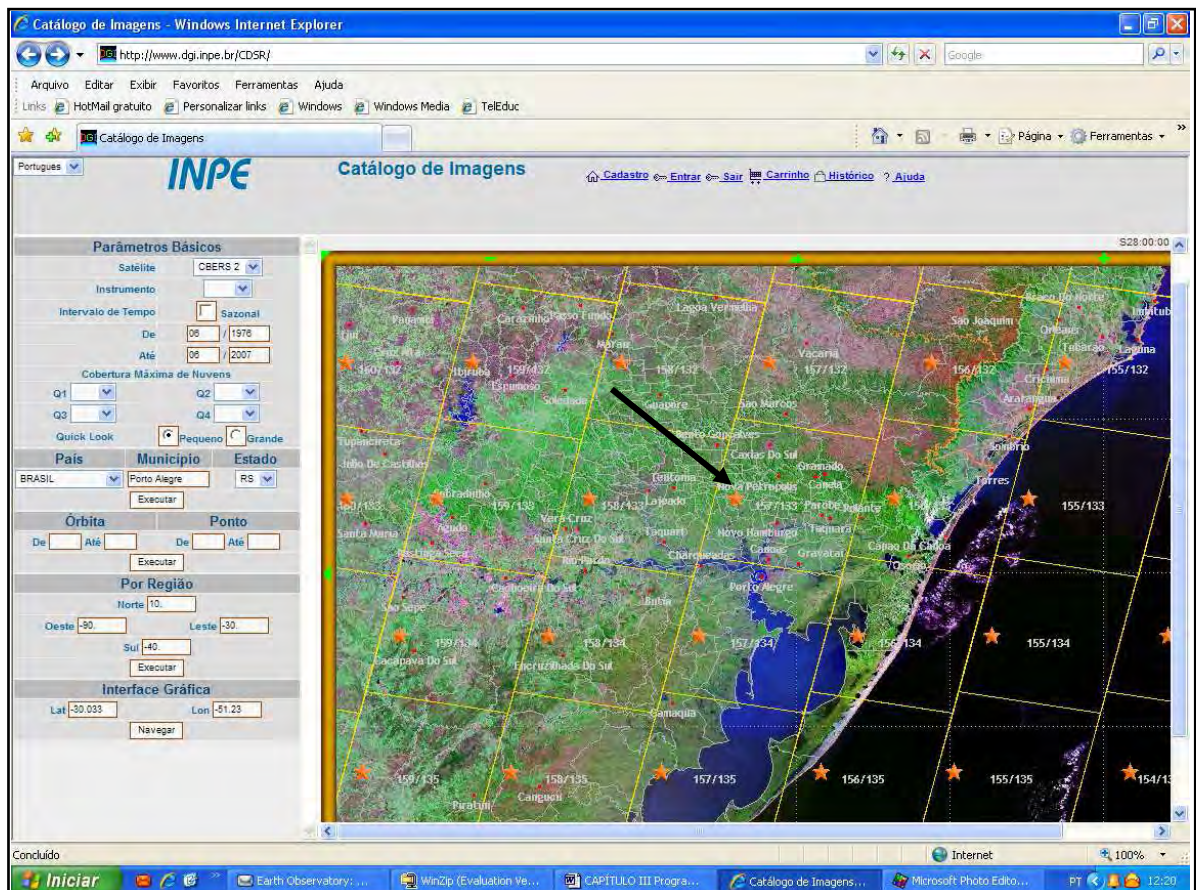


Figura 23- Grade de órbitas e pontas do satélite CBERS no catálogo de Imagens da Homepage da Divisão de Geração de Imagens-DGI do INPE
 Fonte: <http://www.dgi.ine.br>

Conhecendo-se as coordenadas geográficas da área de interesse, e com o auxílio de programas específicos de computador, pode-se também identificar a imagem de satélite correspondente a esta área (Figura 24).

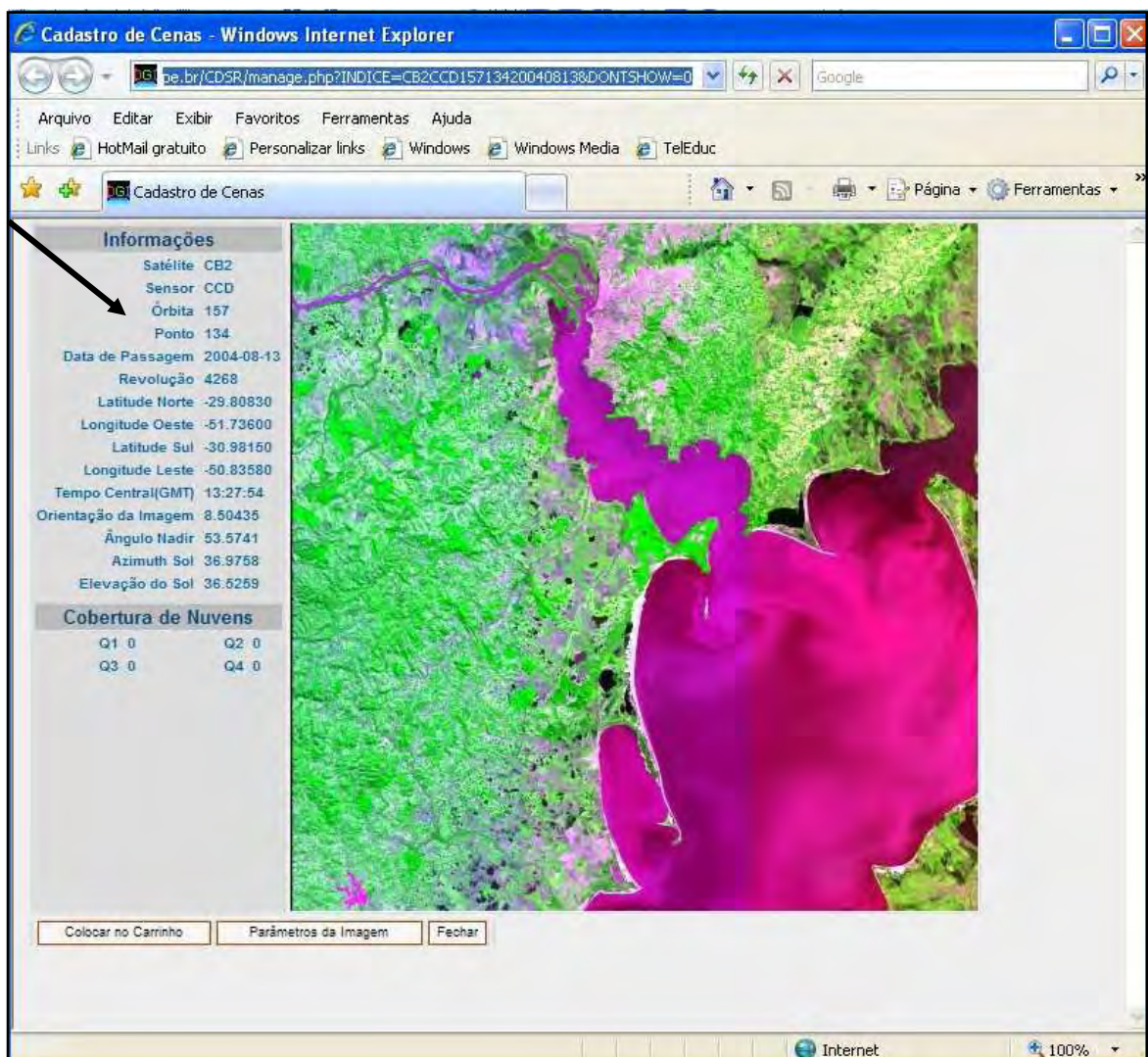


Figura 24– Quick look da imagem CBERS 2, CCD, da cidade de Porto Alegre, RS, correspondente a órbita 157 e Ponto 134, do dia 13/08/2004, no catálogo de Imagens CBERS da Divisão de Geração de Imagens-DGI do INPE
 Fonte: <http://www.dgi.inpe.br>

O INPE tem uma política de distribuição gratuita de dados históricos do LANDSAT 1, 2 e 3 e dados CBERS desde 2004. Todos os dados estão disponíveis na homepage da Divisão de Geração de Imagens do INPE-DGI e pode ser feito o download gratuitamente, para isto basta cadastrar-se e obter uma senha de acesso, a partir daí é só escolher a imagem que interessa, solicitá-la e recebê-la pela Internet.

12.ELEMENTOS DE INTERPRETAÇÃO DAS IMAGENS DE SATÉLITE:

12.1-Padrão: Este conceito indica que um alvo na superfície terrestre apresenta uma organização peculiar que o distingue de todos os outros. 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 da área que está sendo estudada (Figura 25).

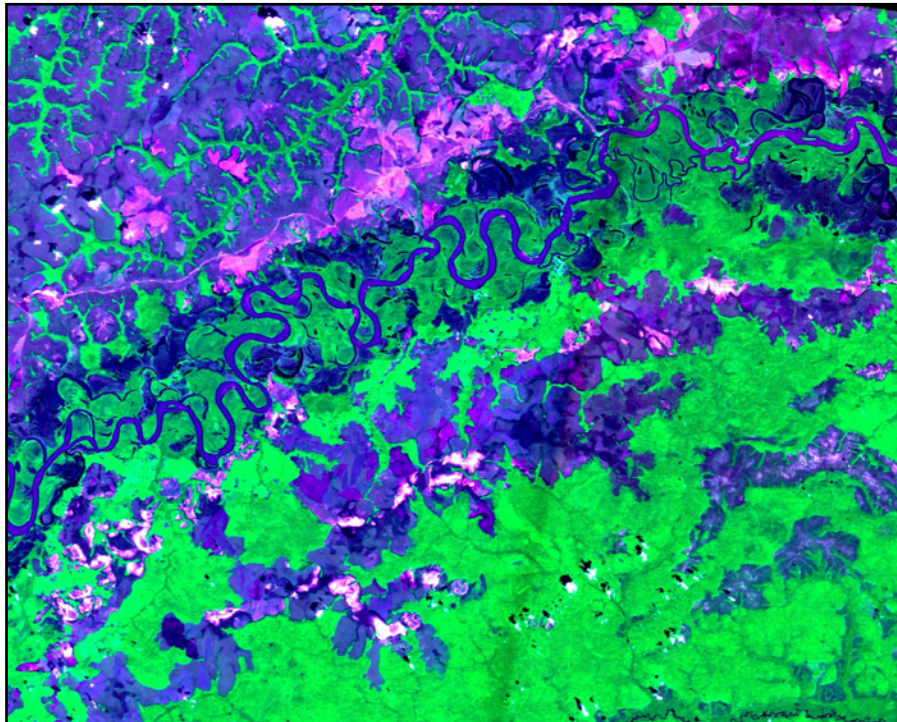


Figura 25- Imagem CBERS/CCD da Amazônia colombiana, onde se pode ver realçado no centro um rio com padrão meândrico e na porção esquerda superior rio com padrão pinado.

Permite também identificar alguns tipos de coberturas e uso do solo tais como áreas agrícolas, área de irrigação, áreas urbanas, etc.

12.2-Forma e Tamanho:

12.2.1-A Forma facilita o reconhecimento de alguns alvos na superfície terrestre, com formas bem definidas e características, 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),
- Culturas irrigadas,
- Reflorestamentos (que tem formas geométricas definidas ao contrário da mata natural),
- Aeroportos, principalmente a pista,
- Estruturas geológicas e geomorfológicas,
- Cidades e áreas urbanas,
- Rios, represas, lagos, açudes,
- Áreas de queimadas, de desmatamento ou de irrigação (Figura 26).

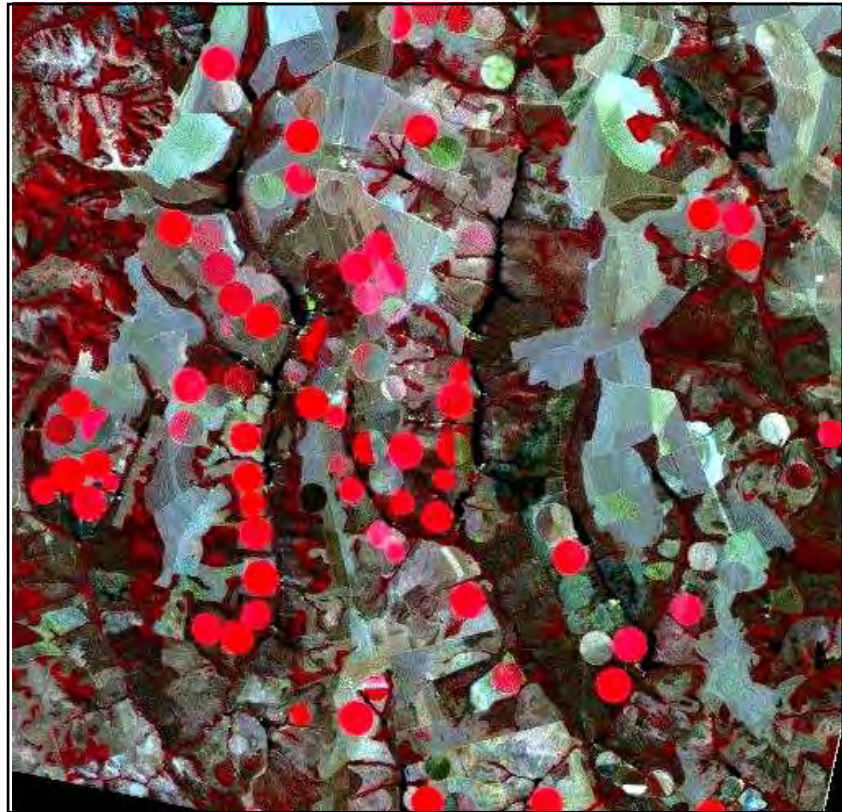


Figura 26- Extrato de imagem CBERS do sensor CCD de áreas de cultivos ao redor de Brasília, onde se pode notar com clareza a forma arredondada característica das áreas de irrigadas por pivot central e as formas geométricas características de áreas de cultivo. Imagem coletada em 31/09/2000.

Fonte: <http://www.dgi.inpe.br>

12.2.2-O tamanho dos alvos deve ser também levado em consideração, pois algumas vezes alvos diferentes apresentam formas semelhantes, mas tamanhos diferentes, o que auxilia na sua caracterização, por exemplo:

- Rios principais (de grande porte) e seus afluentes (de menor porte);
- Cidades pequenas (com área pequena) das metrópoles (com área grande);
- Açudes (de pequeno porte geralmente de propriedade privada) de reservatórios (de grande porte construídos por organismos público estaduais ou nacional), Figura 27;
- Talhões de diferentes tipos de cultura, por exemplo, a cana-de-açúcar em geral apresenta talhões de grande porte;



Figura 27-Extrato de imagem CBERS do sensor IRMS do lago formado pela Barragem Engo. Armando Ribeiro Gonçalves, no rio Piranhas ou Açu, RN, no centro, em contraste com os açudes menores nos vários afluentes do rio. Imagem adquirida em 06/07/2000

12.3-Tonalidade e cor: Está estreitamente relacionada com o comportamento espectral das diferentes coberturas da superfície terrestre.

Em uma imagem de satélite, as 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, conseqüentemente mais claro será o tom de cinza deste alvo na imagem, ao contrário, quanto menos energia um alvo na superfície terrestre reflete, mais escuro será o tom de cinza apresentado por ele na imagem, isto funciona também para as imagens coloridas (Figura 28).



Figura 28– Imagem LANDSAT TM, em branco e preto e colorido normal, da cidade de Porto Alegre (em tonalidade clara), lago Guaíba e parte da laguna dos Patos (ambos apresentando várias tonalidades de azul em função da concentração de sedimentos em suspensão na água).

Conhecendo-se o comportamento espectral dos alvos na superfície terrestre, em cada faixa do espectro eletromagnético e levando-se em consideração estas variações de cinza na imagem, pode-se caracterizar os diferentes tipos de alvos e coberturas existentes na área estudada.

12.4-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, no caso do relevo, quanto mais lisa mais plano é o relevo, quanto mais rugosa, mais acidentado é o relevo (Figura 29).



Figura 29- Extrato de imagem LANDSAT TM de uma região do Paraná onde se pode observar que a textura da imagem do lado esquerdo da uma sensação de mais lisa se comparada com a porção direita que aparenta ser mais rugosa. Esta mudança na textura indica mudança no tipo de relevo que inclusive condiciona o tipo de agricultura em cada uma das áreas.

12.5-Sombra: Na maioria das vezes ela dificulta a interpretação das imagens, porque esconde a informação onde ela está sendo projetada. Além disso, como nas imagens ela aparece na cor preta, ou seja, da mesma cor que os corpos d'água, muitas vezes há uma confusão entre estes alvos e a sombra, principalmente se esta última estiver próxima a um corpo d'água. Nesta situação fica difícil determinar onde é o limite da sombra e o limite do corpo d'água. De um modo geral o relevo sempre provoca uma sombra do lado oposto à incidência do sol, fazendo com que estas áreas apresentem tonalidades escuras na imagem, ao contrário a área iluminada pelo sol que aparece clara. Este recurso de sombra e claro pode auxiliar a mapear relevos em latitudes mais elevadas, principalmente em áreas de serras e Colinas (Figura 30 e 31).



Figura 30-Neste recorte de imagem TM/LANDSAT 5 de uma região do Estado do Mato Grosso do Sul, adquirida em 15/11/1990, se pode observar na porção esquerda a ocorrência de nuvens (branco) e imediatamente ao lado a sombra da nuvem (preto).
Fonte: <http://www.dgi.inpe.br>



Figura 31-Nesta imagem LANDSAT 7-ETM do dia 21/02/2008, da região do vulcão Chaitén, no Chile, se pode observar as vertentes iluminadas pelo sol, na cor verde mais clara, e as que estão na sombra, na cor verde mais escura, facilitando assim a caracterização das formas de relevo.
Fonte:
http://earthobservatory.nasa.gov/Newsroom/NewImages/images.php3?img_id=18024

13.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA; Sociedade Brasileira de Direito Espacial, **DIREITO ESPACIAL**, Coletânea de Documentos, Convenções, atos internacionais e diversas disposições legais em vigor, Rio de Janeiro, junho de 2003;

CHUVIECO, E., **Fundamentos de Teledetección espacial**; 3ª Edición revisada; Editora RIALP, Madrid, Espanha, ISBN 82-321-3127-X, 1996; 565 p

FLORENZANO, T.G., **Imagens de satélites para estudos ambientais**; Editora Oficina de Textos, São Paulo, ISBN: 85-86238-21-X; 2002; 97 p

LINZT, Jr., J.; SIMONETT, D.S.;**Remote Sensing of Environment**. Addison-Wesley Publishing Company, Reading Massachusetts, USA, 1976

MOREIRA, M.A. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**, 2ª Edição, São José dos Campos, SP, ISBN: 85-7269-158-8, 2001, 307 p

MUSSATTO, C.M. B.; OSHIMA, H.M.S.;COSTA, N. P. V.; BAUER.E; **Análise por Imagem Digital dos Níveis de Cinza de Fibras de Reforço Associadas a uma Resina Composta**; *Revista Odonto Ciência* – Fac. Odonto/PUCRS, v. 20, n. 50, out./dez. 2005 • 299-307; <http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/fo/article/view/1176/935>; acesso 07/07/2008

NOVO, E.M.L.M., **Sensoriamento Remoto** Princípios e Aplicações, 2ª Edição, Ed.tora Edgard Blücher Ltda., São Paulo,ISBN 85-212-0057-9, 1995;297 P

PUBLICAÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS EDITADAS PELO INPE

Teses e Dissertações (TDI)

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

Manuais Técnicos (MAN)

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

Notas Técnico-Científicas (NTC)

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

Relatórios de Pesquisa (RPQ)

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

Propostas e Relatórios de Projetos (PRP)

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

Publicações Didáticas (PUD)

Incluem apostilas, notas de aula e manuais didáticos.

Publicações Seriadas

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

Programas de Computador (PDC)

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

Pré-publicações (PRE)

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