

# Sensoriamento Remoto

Maj Inf ROMULO SEABRA LODI  
e Maj Cav ANTONIO JORGE RIBEIRO

.....  
*"E Disse Deus: Haja luz. E houve luz  
E viu Deus que era boa a luz;  
E fez Deus separação entre as trevas.*

.....  
*E Disse Deus: Façamos o homem à nossa  
Imagem, conforme a nossa semelhança".*

GÊNESIS — Velho Testamento

## 1. INTRODUÇÃO

Semelhante a Deus, viu o homem na luz a sua semelhança e, nas trevas, o mistério. Porém, semelhante a Deus, com sua sensibilidade descobriu que a luz era um conjunto de cores. E das próprias trevas sentiu que poderia obter mais luz, que permitisse desvendar o mistério.

Dos gênios, homens com maior semelhança a Deus, Isaac Newton, nascido em 1642, formulou os fundamentos da Física Moderna. A análise da luz o atraía, e em 1666, utilizando um prisma de vidro realizou uma das mais célebres experiências no campo da Física: — decompôs um feixe de luz, que se revelou formado por todas as cores do espectro solar.

Newton, julgando que a luz fosse composta de partículas materiais, cria, então, a Teoria Corpuscular da Luz que, segundo a sua concepção, seria originada da emissão por parte de um corpo luminoso de minúsculas partículas.



Dois séculos após, James Clern Maxwell, utilizando-se, entre outras, das teorias de Newton, consegue adaptá-las matematicamente à descrição de novos fenômenos físicos, especialmente àqueles ligados ao eletromagnetismo. Suas inúmeras obras constituíram-se na base do centro diretor da física inglesa até o começo da 2.<sup>a</sup> Guerra Mundial: — O Laboratório de Cavendish da Universidade de Cambridge.

A teoria do eletromagnetismo de Maxwell, até hoje utilizada teve também influência no aparecimento do rádio.

Heinrich Hertz, inspirado em Maxwell, consegue demonstrar na prática a existência das Ondas Eletromagnéticas previstas por Maxwell e prova que sua velocidade é a mesma da luz e que a propagação da onda eletromagnética no vácuo é retilínea; o comprimento da onda, porém, é maior do que as ondas luminosas.

Com a evolução dos estudos comparativos das ondas luminosas e das eletromagnéticas, chegou-se à conclusão de que as propriedades físicas da luz e do calor são semelhantes.

O homem, criado à semelhança de Deus, diminui dia a dia com a sua curiosidade mental, o mistério que se envolve nas trevas, utilizando sua inteligência e criando, para auxiliá-lo, sensores que permitem ampliar os seus sentidos naturais.

## 2. ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

### α. Frequência e Comprimento de Onda

Para melhor clareza na explanação serão apresentadas algumas considerações sobre o aspecto eletromagnético.

Na Figura 1 a, na página seguinte, à esquerda, são mostradas as várias faixas do espectro eletromagnético em termos de frequência "f" e o comprimento de onda " $\lambda$ " é dado pela igualdade " $f, \lambda = v$ " onde "v" é a velocidade da luz.



A unidade internacional de freqüência é o Hertz (Hz) que corresponde a um ciclo por segundo. Seus principais múltiplos são:

Quilohertz	.....	KHz	.....	$10^3$ Hz
Megahertz	.....	MHz	.....	$10^6$ Hz
Gigahertz	.....	GHz	.....	$10^9$ Hz
Torahertz	.....	THz	.....	$10^{12}$ Hz

Para faixas com freqüências superiores a este valor, normalmente, costuma-se caracterizá-las pelo comprimento de onda para evitar grandes números. Por exemplo, usa-se unidade MICRON ( $\mu = 10^{-6}m$ ) nas faixas de infravermelho e do visível, e o ANGSTON ( $A^{\circ} = 10^{-10}m$ ) igual a  $10^{-4}\mu$  nas faixas do visível, do ultravioleta, dos raios X e dos raios Gama.

**b. Relação entre Comprimento de Ondas e Temperaturas**

Na Figura 1 a são mostrados os diversos tipos de radiações bem como as freqüências e os comprimentos de ondas correspondentes. Na Figura 1 b, parte da Figura 1 a é ampliada para dar maior ênfase às faixas do espectro muito utilizadas pelo homem, mostrando também o relacionamento entre os comprimentos da onda e a correspondente temperatura cinética. A temperatura é abordada pelo fato de que todos os corpos do Universo emitirem radiações no infravermelho, desde que possuam temperatura acima do zero absoluto ( $-273^{\circ}C$ ). Estas radiações são provocadas pela agitação térmica das moléculas.

**3. SENSORES REMOTOS**

**α. Definição**

Podemos traduzir a expressão "Remote Sensing" como Sensoriamento Remoto, definindo-a como "a aquisição de informações sobre objetos ou fenômenos específicos por intermédio de um dispositivo coletor dessas informações — c

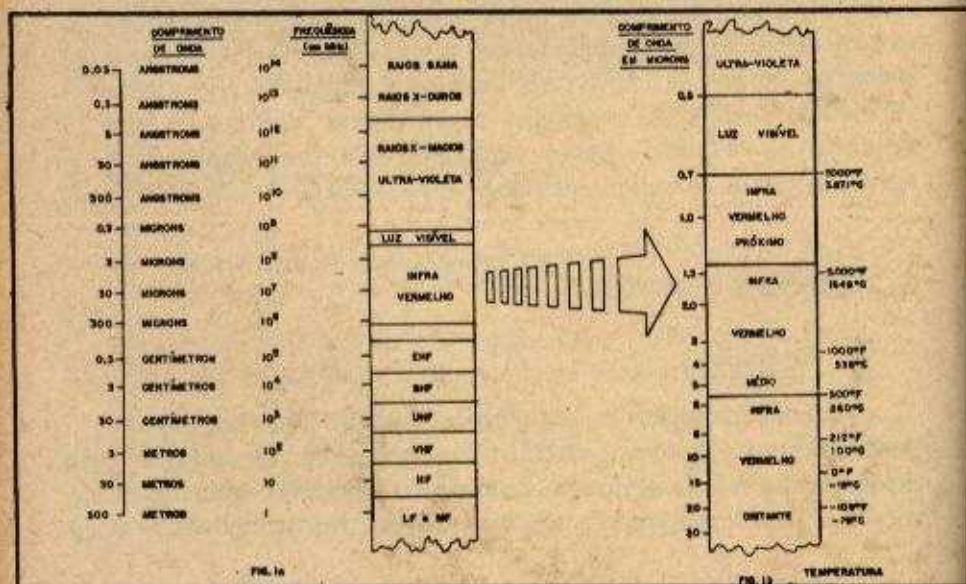


Sensor Remoto — que esteja situado a uma distância apreciável do objeto de investigação”.

No entanto, a significação do termo “...” será limitada apenas a detetores instrumentais e não a seres humanos como pode parecer de pronto. Assim, o termo sensoriamento remoto será reservado às operações de medidas, onde o homem não possa ou não deseje aproximar-se daquilo que mede. Os sensores podem ser passivos, quando captam as radiações naturais provenientes dos objetos observados, e ativos quando utilizam uma fonte de radiação eletromagnética para iluminar um objeto ou uma cena artificialmente.

### b. Instrumentos utilizados no Sensoriamento Remoto

Os instrumentos usados em sensoriamento remoto incluem todos aqueles que agem como substitutos, registradores ou amplificadores das funções animais da visão, audição, tato, olfato e paladar. Estes sensores reagem a estímulos físicos tais como luz, som, calor, vibrações e correntes elétricas. O Sensor Remoto registra e pode transmitir o sinal que receber.





É possível a aplicação dos sensores no que concerne ao paladar, olfato e tato, porém os sensores remotos mais utilizados atualmente são os associados à visão e à audição. Um exemplo de sensor acústico é o sismógrafo, que assinala o instante da chegada de ondas e terremotos.

Os sensores remotos são usados rotineiramente em muitas ocupações comuns. Um piloto aterrissa sua aeronave com o auxílio de um radar. Um foto intérprete, mediante a análise de fotografias, ou imagens, poderá atualizar um mapa. Câmaras de reconhecimento poderão ser instaladas em espaçonaves visando inúmeras finalidades.

Os dados detectados por sensores remotos podem ser registrados em papel, fitas, películas fotográficas, sendo estes registros coletados periodicamente. Os sensores que produzem sinais elétricos podem transmitir seus dados por fio, rádio ou imagem de televisão, diretamente a qualquer estação central de controle, possibilitando de imediato uma enorme quantidade de informações.

Assim, o sensoriamento remoto permite ao cientista moderno permanecer na mesa de controle e daí executar o que deseja.

#### 4. SENSORES DE MAIOR APLICAÇÃO

##### α. Sensor de Raios Gama

Nas enumerações dos sensores remotos já existentes para as diferentes faixas do espectro eletromagnético, encontramos, logo de início, um dos sensores da mais relevante aplicação, dada à natureza das informações que proporciona. Trata-se do sensor do Raio Gama, que permite a captação de qualquer concentração de material radioativo existente na área em que for empregado, discriminando a natureza do elemento responsável pela radiação.



### b. Sensor Ultravioleta — UV

Apesar da grande atenuação imposta pela atmosfera às radiações ultravioletas, os sensores para captá-las por varredura ótico-mecânica têm sido desenvolvidos e aperfeiçoados. Suas indicações revelam-se da maior utilidade na pesquisa mineral, especialmente na prospecção do petróleo; facilmente detectadas são também as rochas luminescentes, tanto as fluorescentes como as fosforescentes. No que tange a elementos de superfície, as imagens fornecidas pelo sensor UV revelam forte contraste das áreas cultivadas, distinguindo-as das não cultivadas.

### c. Câmaras Métricas

A faixa do espectro visível ainda é e será por muito tempo aquela para a qual o maior número de sensores remotos tem sido desenvolvidos; todos comprovadamente eficazes, permitindo assim a obtenção em tempo razoavelmente curto de um sem número de dados, resolvendo ainda entre outros, problemas de levantamentos topográficos e de recursos minerais que se tornariam inúteis, se fossem executados em tempo inábil.

Neste grupo de sensores se incluem aperfeiçoadíssimas câmaras aéreas dotadas de alto poder resolutivo que fornecem fotografias com características geométricas, que se credenciam como base da Aerofotogrametria e da Foto-Interpretação.

### d. Raios Laser

Ainda na faixa do visível e suas vizinhanças, embora em fase inicial, aproveitando as notáveis propriedades dos chamados Raios Laser, foram também construídos sensores ativos para fins de levantamento de perfis topográficos. São os altímetros ou perfilógrafos de Raios Laser, utilizados em aeronaves, com a finalidade de determinação de formas e cotas de terrenos.



## e. Sensores Imageadores Infravermelho — IV

### (1) *Filmes Sensíveis*

No limite pouco definido da faixa de infravermelho com a do visível, graças ao emprego de emulsões fotográficas de grande sensibilidade, e com a utilização de filtros e lentes corrigidas, as câmaras aerofotogramétricas podem captar as emissões de IV de comprimento de ondas de até  $0,9\mu$ .

As massas de água não refletindo radiações aparecem negras nas fotos, ao passo que a vegetação viva, aparece em tonalidade clara. Estes dados, além de permitirem a distinção entre a fotografia IV da convencional proporcionam uma série de aplicações, principalmente no campo militar no que tange à detecção de camuflagem. Ainda mais ampla se torna a aplicação de radiações IV captadas pelas câmaras aerofotográficas, quando o detector é uma emulsão a cores, oferecendo ao pesquisador uma gama incalculável de matizes de vermelho bem como contrastando com as inúmeras tonalidades do azul.

### (2) *Radiômetros de Infravermelho*

A captação e o registro numérico de temperaturas a distância são conseguidos pelos chamados radiômetros de IV, capazes de fornecer em dados numéricos as temperaturas de solos, águas, e de qualquer outro objeto, indicando variações de décimos de grau centígrado e produzindo seus perfis térmicos.

### (3) *SCANNER — Varredura Infravermelho*

É um sensor imageador de IV capaz de captar por varredura radiações térmicas. O componente essencial do "SCANNER" é um detector que converte a potência radiante em sinal elétrico. Assim sendo todos os objetos que possuam temperaturas acima de  $0^{\circ}$  absoluto ( $-273^{\circ}\text{C}$ ) emitem radia-



ções e poderão ser detectados a qualquer hora do dia ou da noite, mesmo em condições atmosféricas adversas e também através da cobertura vegetal; tudo em função da temperatura emitida pelos corpos.

#### f. Radar

A ampla e importantíssima faixa das microondas é comumente conhecida como ondas de Radar. Trata-se de uma categoria de radiações cuja produção artificial não oferece dificuldade, permitindo a construção de sensores ativos mais difundidos que os passivos.

A facilidade com que essas radiações emitidas pela fonte produtora e refletidas na superfície da terra penetram em formações de nuvens, capacita os sensores de radar numa varredura a captarem imagens e detectá-las mesmo através dessas formações, a qualquer hora do dia ou da noite com ótima resolução.

Sua penetração não respeita sequer as camadas de solo menos compactas, indo atingir os elementos da superfície, produzindo imagens que mostram com mais detalhes as formações geológicas do que as fotografias convencionais. Com este tipo de Sensor utilizando uma varredura lateral, foi possível o imageamento de toda a Amazônia pelo Projeto RADAM, permitindo em curto espaço de tempo o aerolevanteamento desta Região até então conhecida como o maior vazio cartográfico do mundo, com resultados surpreendentes no que se refere a Geomorfologia, Vegetação, Geologia e Aproveitamento do Uso do Potencial da Terra.

### 5. CONCLUSÃO

A importância dos diversos tipos de sensores remotos já foi reconhecida como vital pelas Nações desenvolvidas, constituindo-se em assunto que diz respeito à Política de Desenvolvimento e de Segurança Nacional.



Quaisquer que sejam, os produtos obtidos por meio de sensores, desde as fotografias convencionais até às sofisticadíssimas imagens obtidas por satélites, originam dados que resultam numa infinidade de informações, permitindo um emprego adequado e eficaz nos vários campos que caracterizam as áreas de atuação do Poder Nacional.

Portanto, é necessária a formação de especialistas altamente qualificados, dentre os quais foto-intérpretes capazes de produzirem as informações necessárias quer na área civil e paralelamente, no campo militar permitindo a consecução e manutenção dos Objetivos Nacionais Atuais e Permanentes.

### BIBLIOGRAFIA

#### ELEMENTOS DE SENSORES REMOTOS,

Publicação do Instituto de Pesquisas Espaciais

#### NOTAS DE AULA DO CURSO DE FOTO-INFORMAÇÃO, DA ESIE.

Publicação da EsIE, organizada pelo  
Maj Inf Alberto Paulo Licciardi Junior

#### IMAGE INTERPRETATION, NAVAIR

Publicação americana

#### INTERPRETATION OF AERIAL PHOTOGRAPHS,

T. Eugene Avery

#### ENVIRONMENTAL REMOTE SENSING,

Eric C. Barret and Leonard F. Curtls