



# Sensoriamento remoto

## Sistemas sensores

Prof. Dr. Jorge Antonio Silva Centeno  
Universidade Federal do Paraná  
Departamento de Geomática

Disciplina

SENSORIAMENTO REMOTO

# Sistemas sensores

## Conteúdo

- Plataformas
- sistema sensor
- Exemplos de sensores comerciais

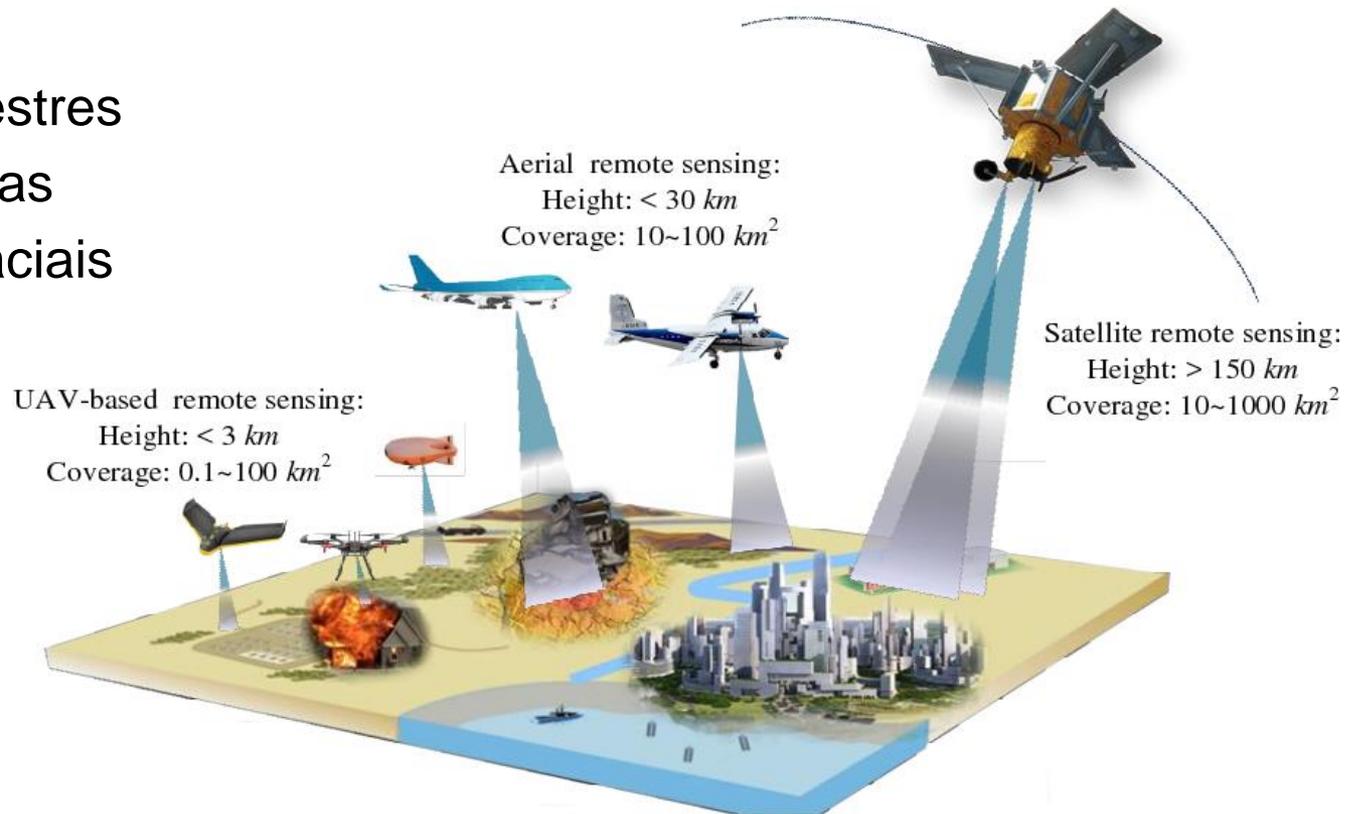


# Classificação dos sistemas sensores

Quanto a		
Energia radiante	Ativos	Passivos
Tipo de produto	Imageadores	Não imageadores
Faixa espectral	Radiação refletida	Radiação emitida (termal)

# Plataformas

- Terrestres
- Aéreas
- Espaciais



Na prática não existe uma plataforma ideal para todos os estudos, depende da aplicação.

# Plataformas espaciais



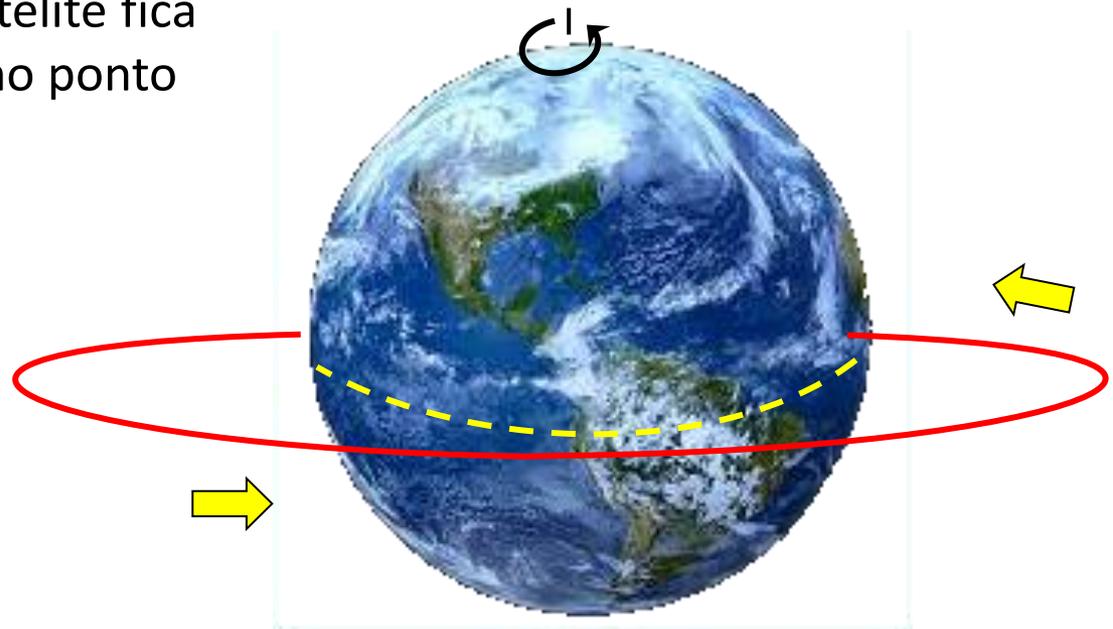
Tipos de órbitas? Seu efeito na coleta de imagens?  
Altura da órbita?

# órbita equatorial

## Geoestacionária

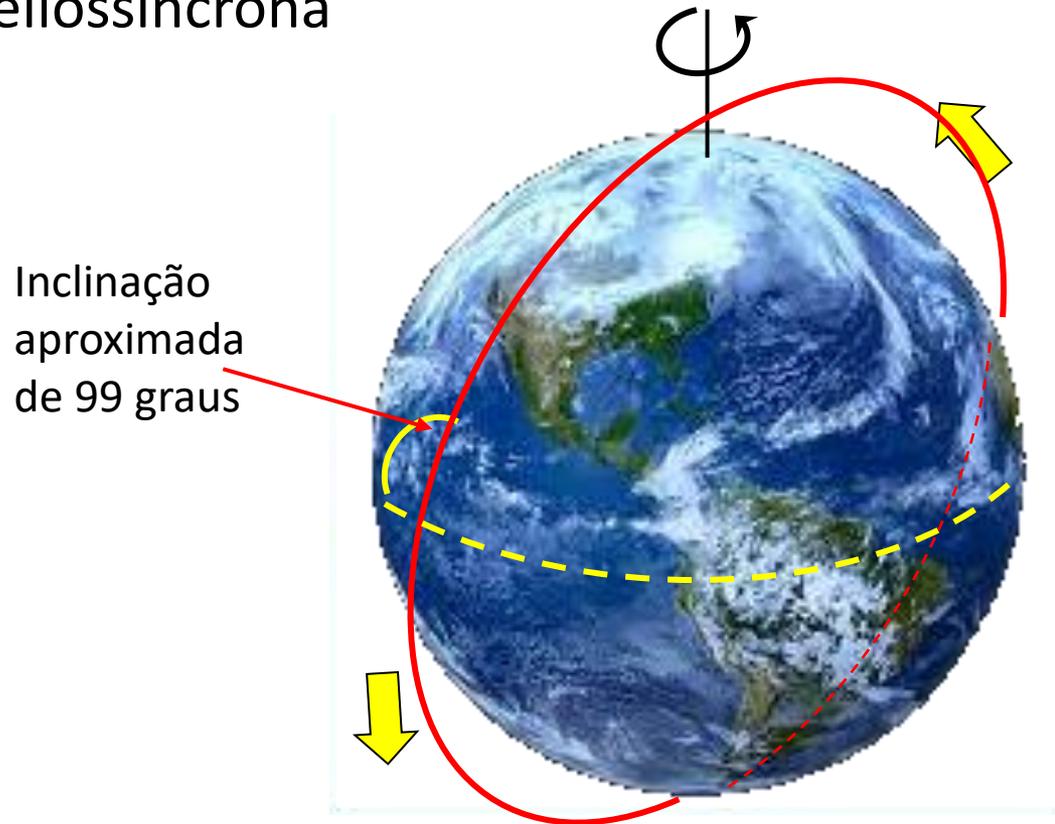
- Se a plataforma gira com a mesma velocidade angular em torno do planeta, sua posição em relação a um ponto na terra não se altera, por isso fala-se em órbita geo-estacionária.

Vantagem: o satélite fica acima do mesmo ponto sempre.

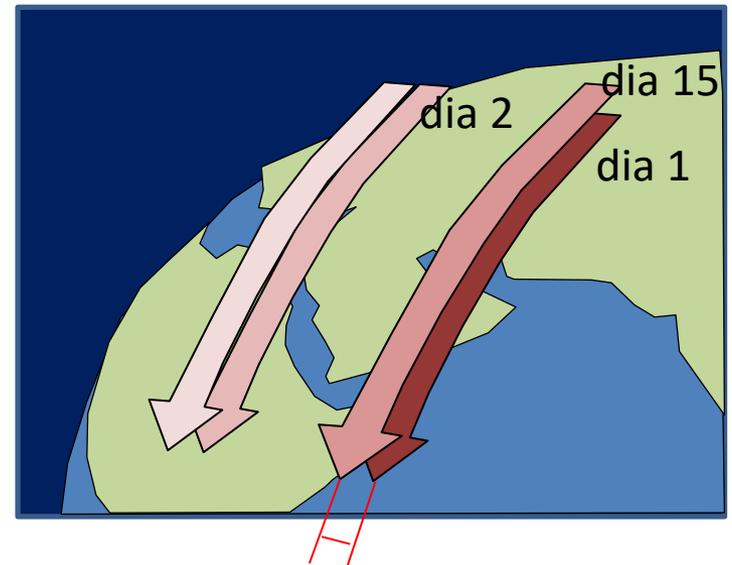
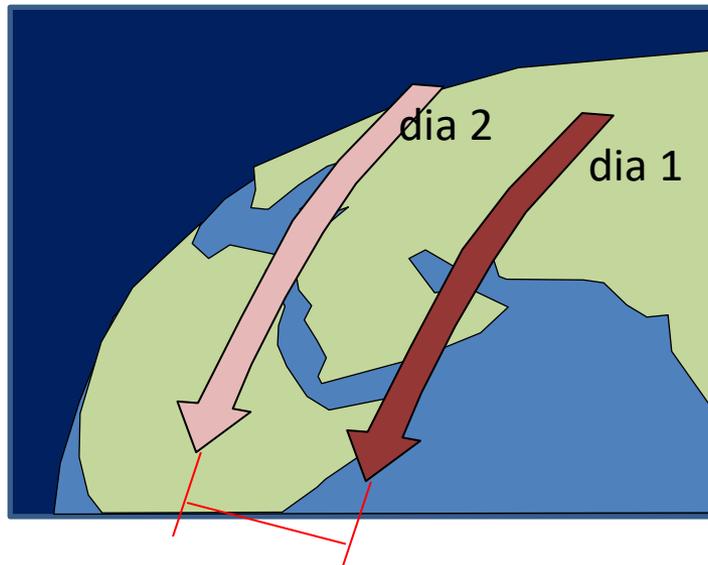


# Órbita semipolar

- Heliossíncrona



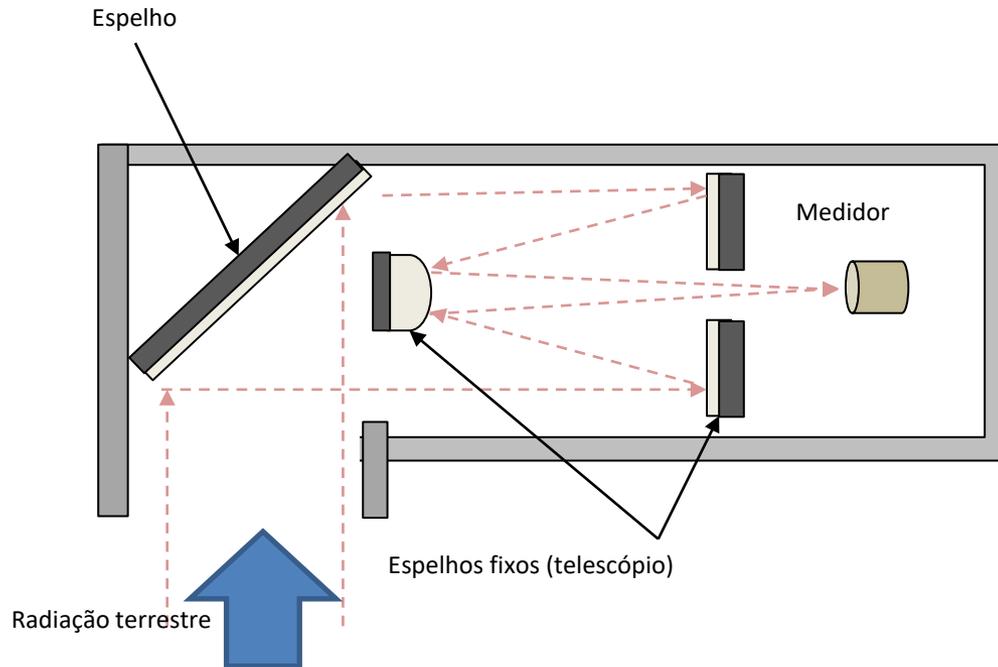
# Órbitas não são seguidas





# Sistemas imageadores

# telescópio

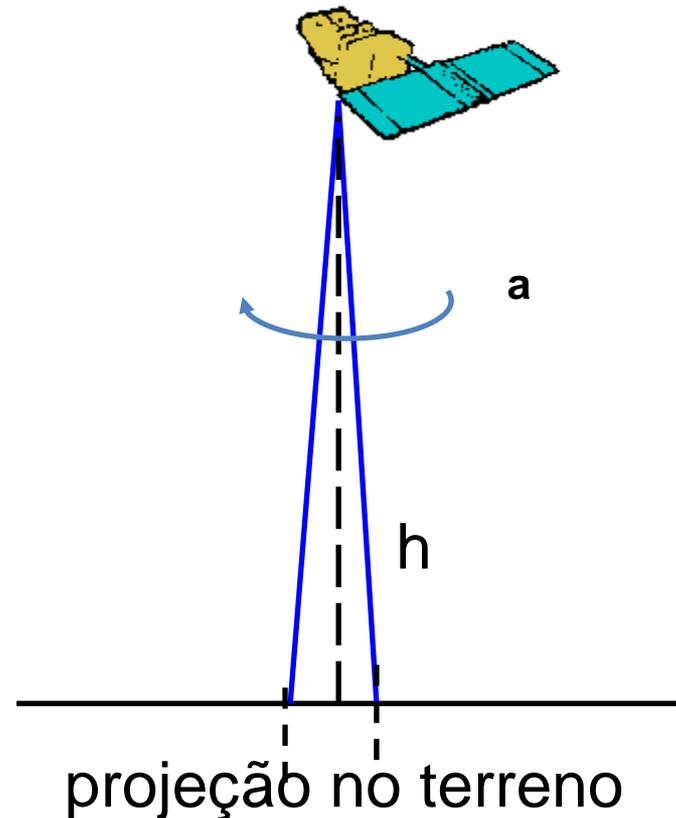


Para observar a superfície da Terra com maior detalhe, é usado um sistema óptico, similar a um telescópio, a bordo do satélite. Para isto, um sistema de espelhos redireciona os raios incidentes, prolongando o caminho como ocorreria em um telescópio comprido. O raio é então projetado sobre um elemento detector.

# Projeção do detector no terreno

Depende de:

- ângulo de abertura (**a**) do detector. Também conhecido como IFOV ou
- **Instantaneous Field of View.**
- Logo: a projeção do detector no terreno é:
- $L = 2 * h \tan(0,5 * a)$
- altura da órbita (**h**)



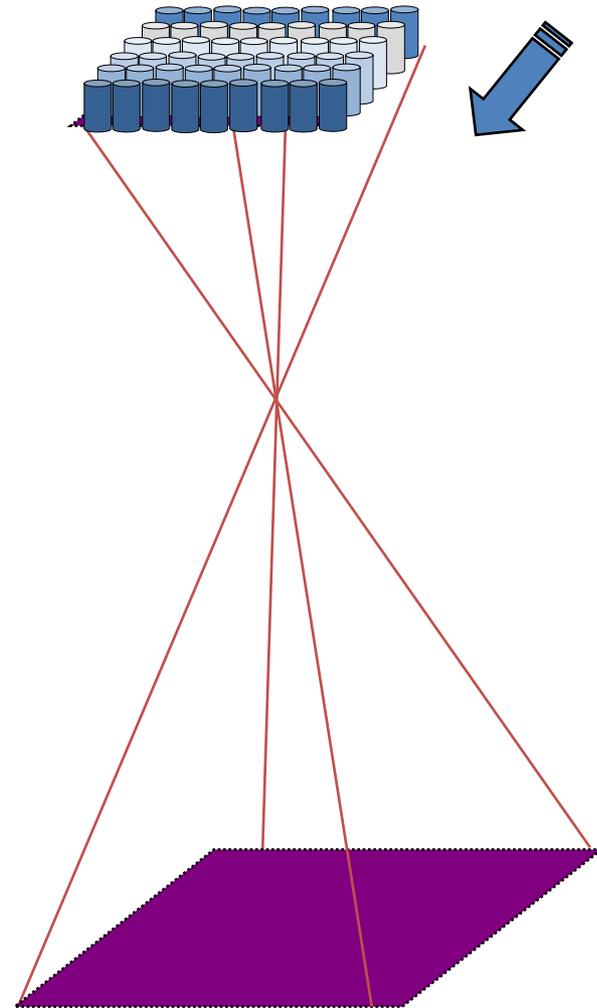
# Imageador de quadro

Arranjo de detectores sob forma de uma matriz permite obter a imagem de uma área (um quadro).

Vantagem: o sistema é altamente estável em termos geométricos.

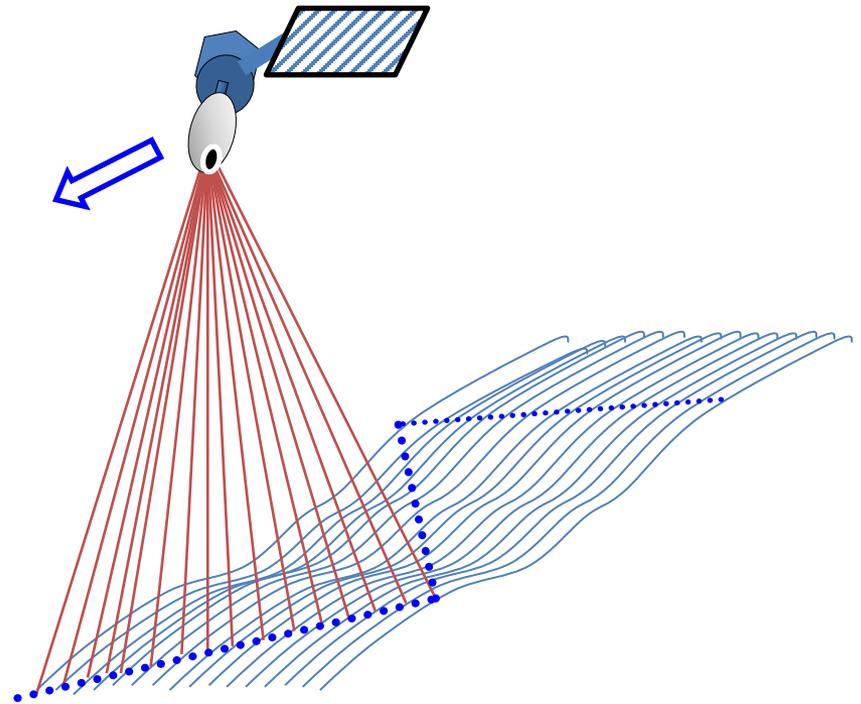
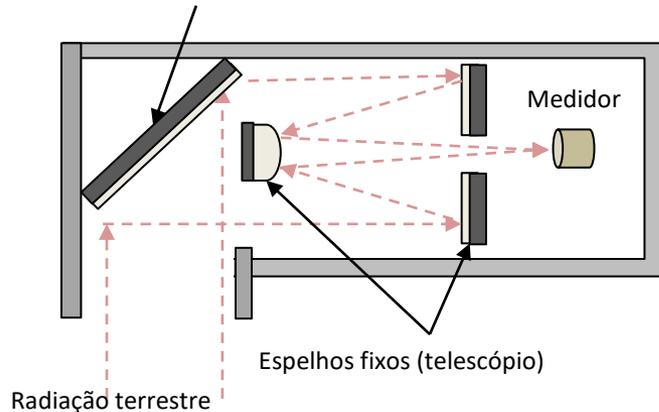
É similar ao uso de um CCD nas câmeras digitais.

Porém, não se aproveita o deslocamento da plataforma.



# Varredor mecânico

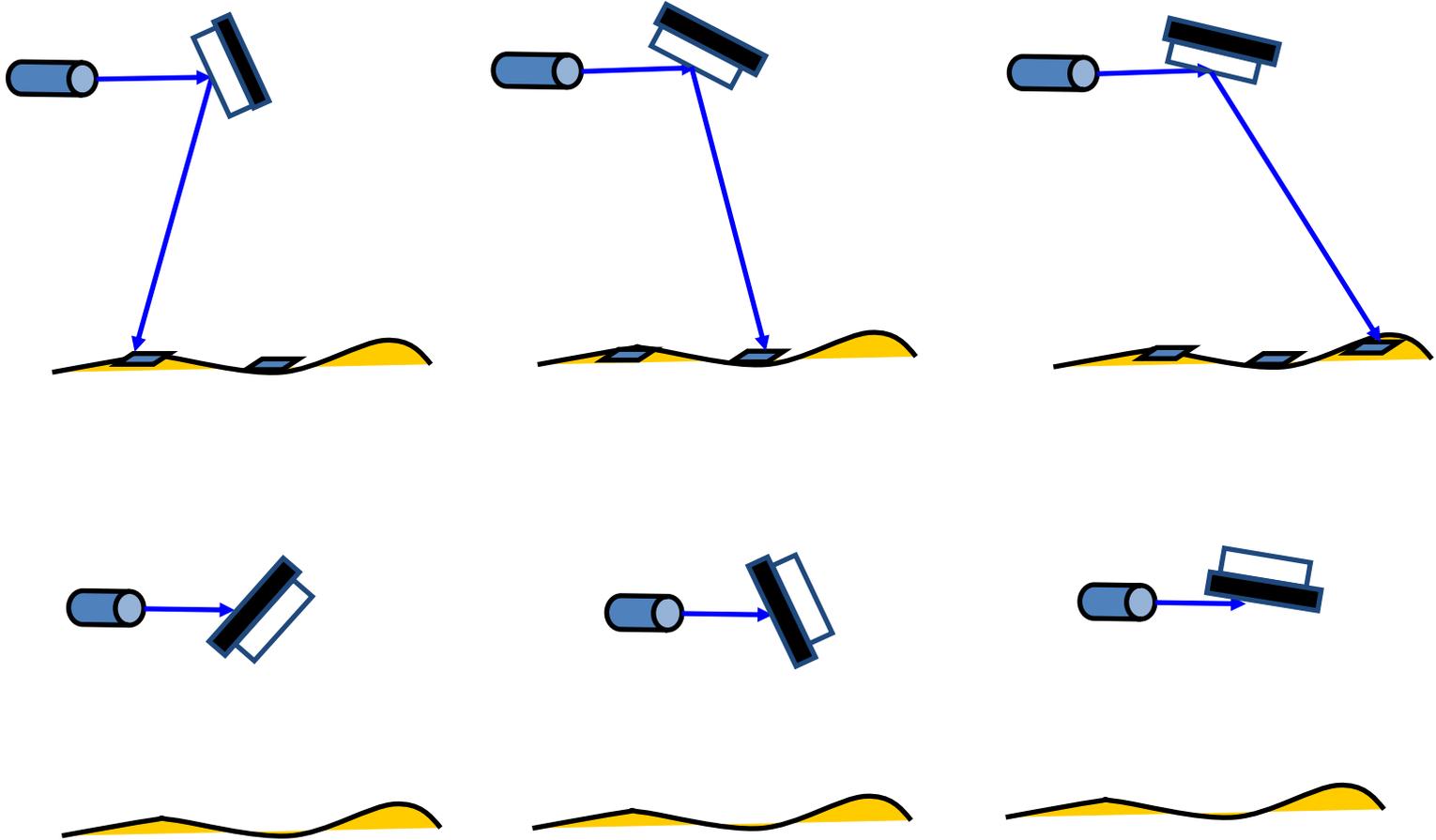
Espelho móvel (scan)



O uso de um espelho oscilante combinado com o deslocamento da plataforma produz um padrão zig-zag de varredura.

Varrendo uma região é possível obter uma imagem cobrindo uma área retangular

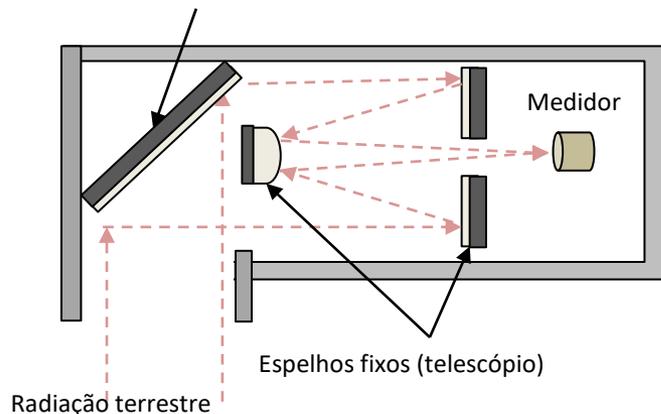
# Espelho rotatório



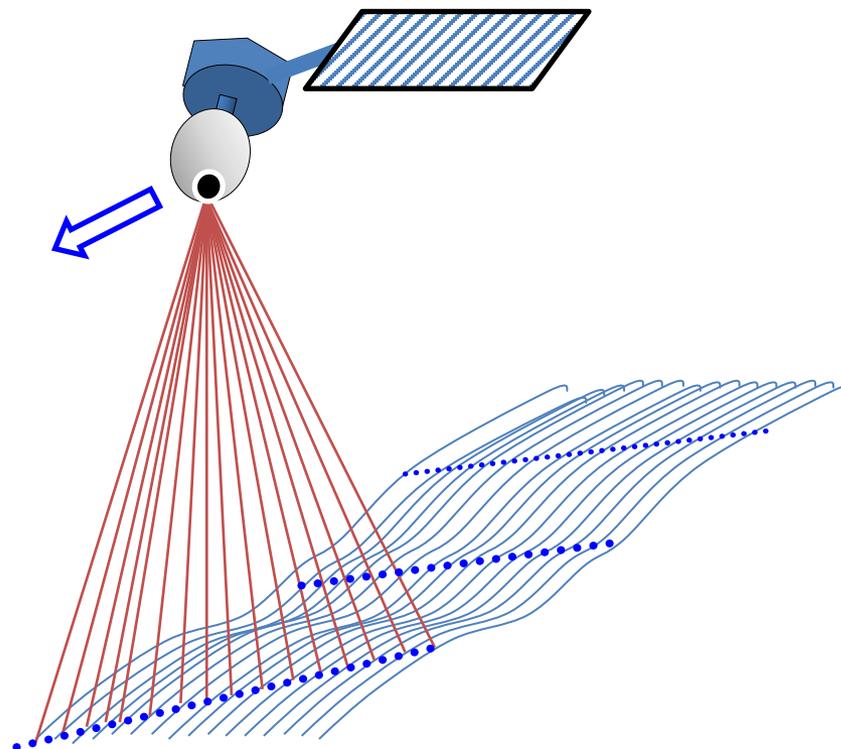
O espelho gira completamente, mas mede apenas na metade do tempo.

# Varredor mecânico

Espeho móvel (scan)



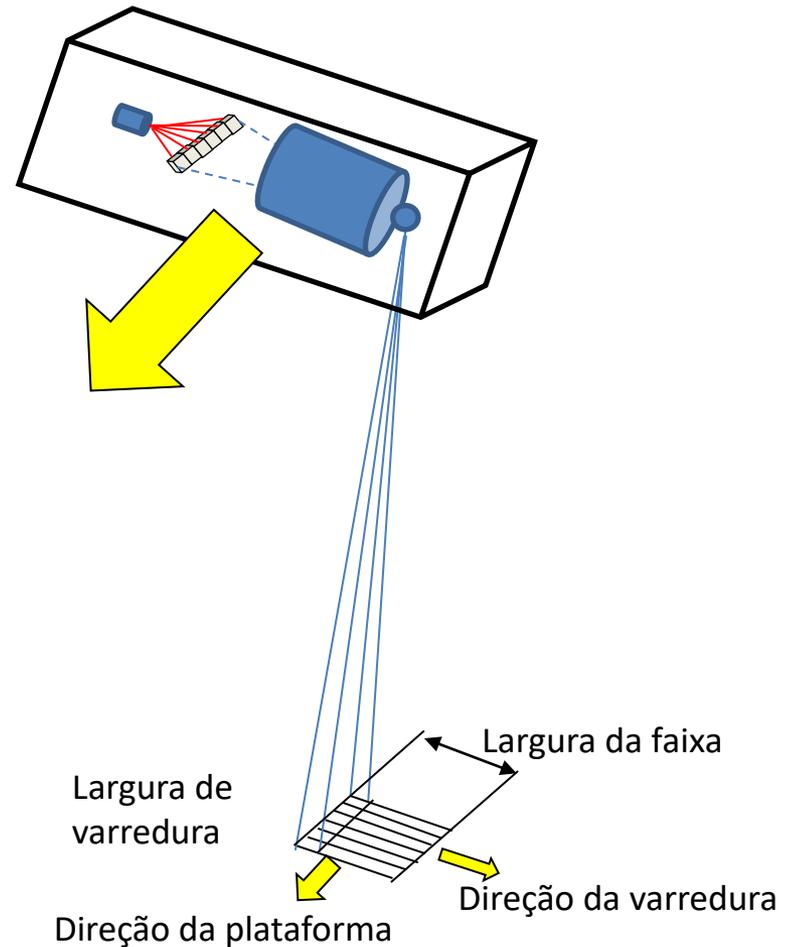
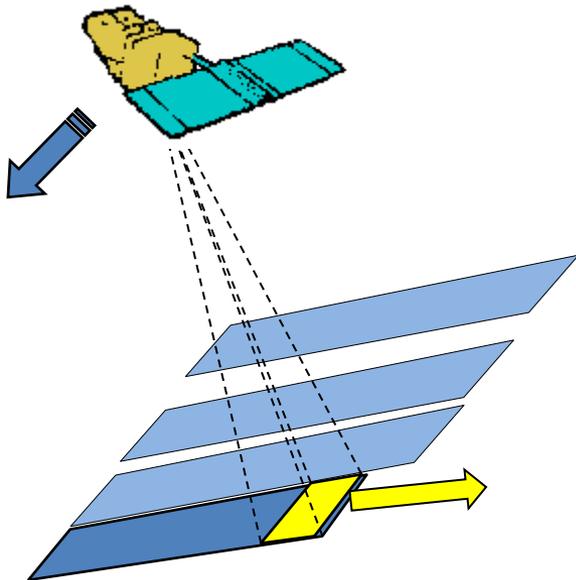
Espeho rotatório



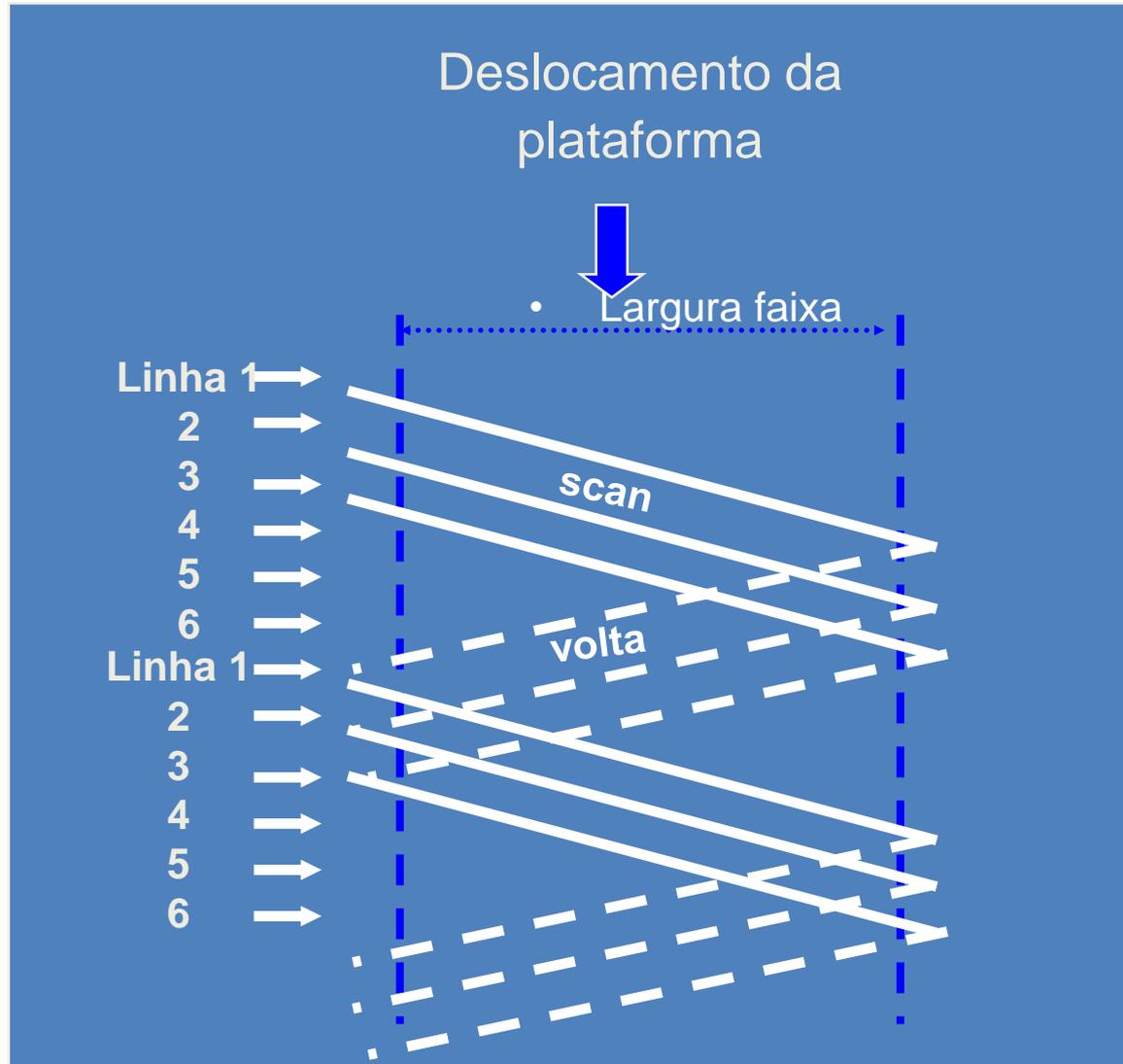
Linhas inclinadas e paralelas (movimento do satélite) no terreno.

# Compensação do movimento

- Para compensar o deslocamento da plataforma, várias linhas são lidas usando um arranjo linear sensores



Na superfície da Terra...



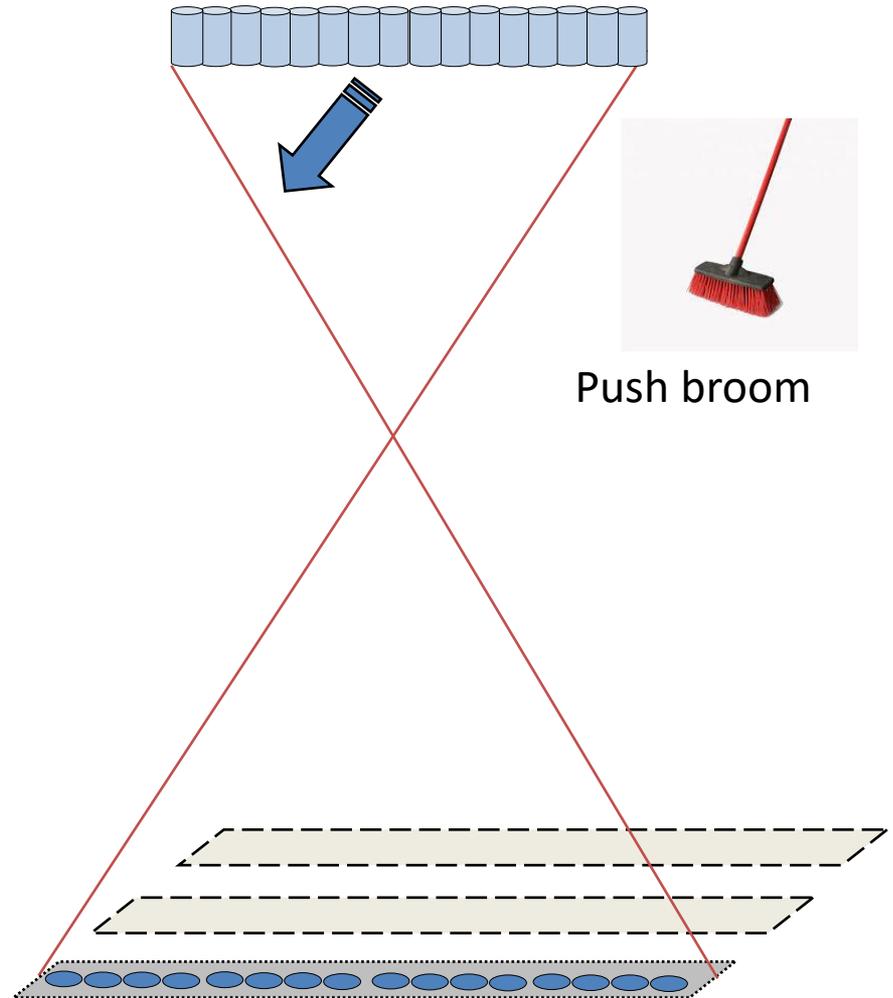
# Imageador de linha

E se o mesmo arranjo de detectores fosse organizado como uma linha, que se desloca seguindo a trajetória do satélite?

Poderíamos varrer a mesma área, porém com menos detectores.

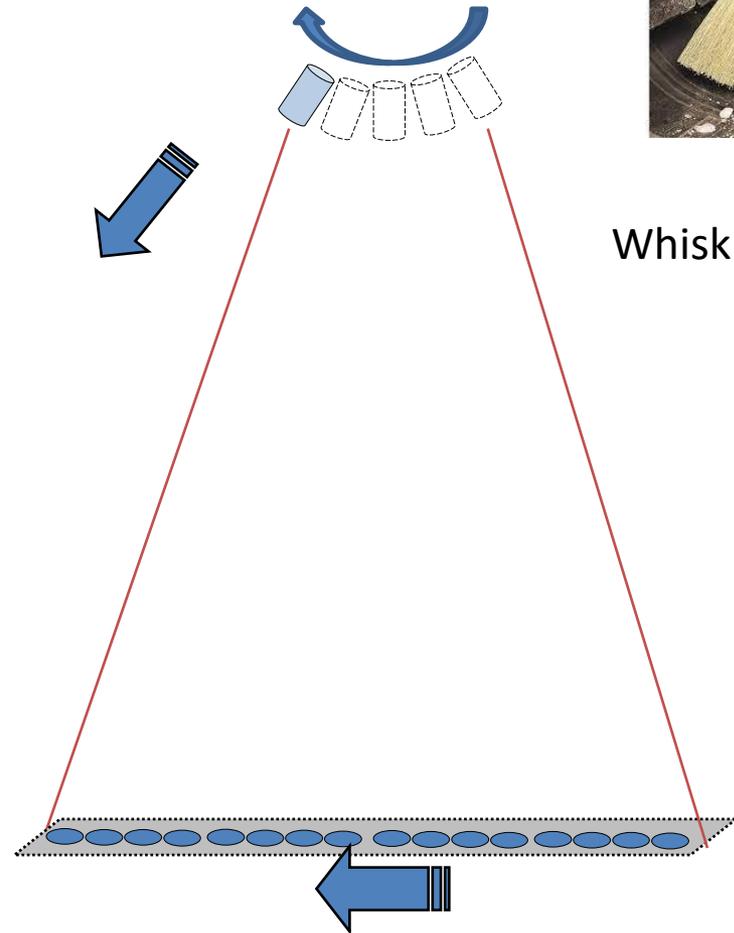
Claro, não é tão estável como um imageador de quadro.

Isto é fazer uma varredura eletrônica



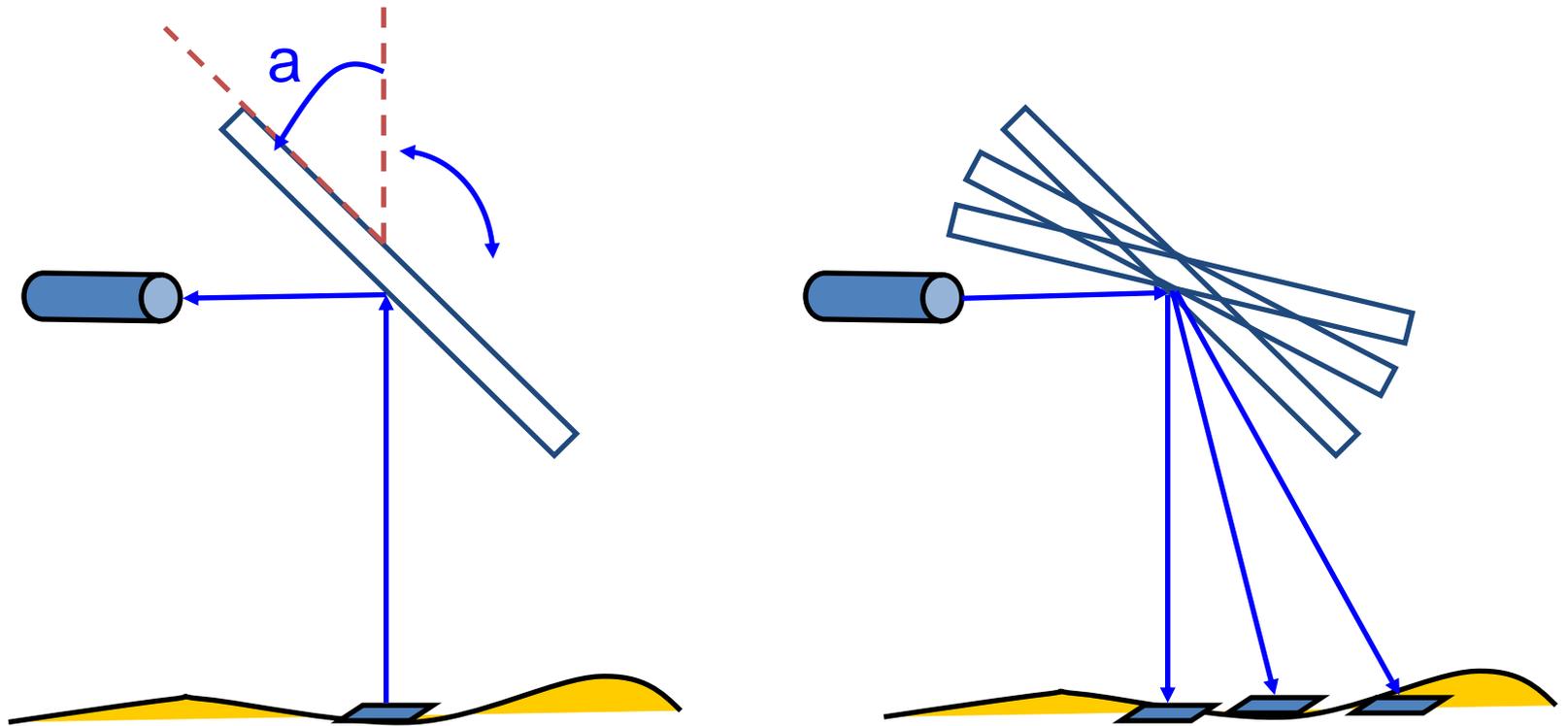
# Imageador de linha

E se, em lugar de usar um arranjo de detectores, usarmos um único detector que poderia variar seu ângulo de observação para fazer a varredura transversal?



Whisk broom

# Varredura transversal usando um espelho móvel



direciona o feixe na direção perpendicular à trajetória do satélite é possível varrer uma linha transversal no terreno.

# Largura da faixa varrida

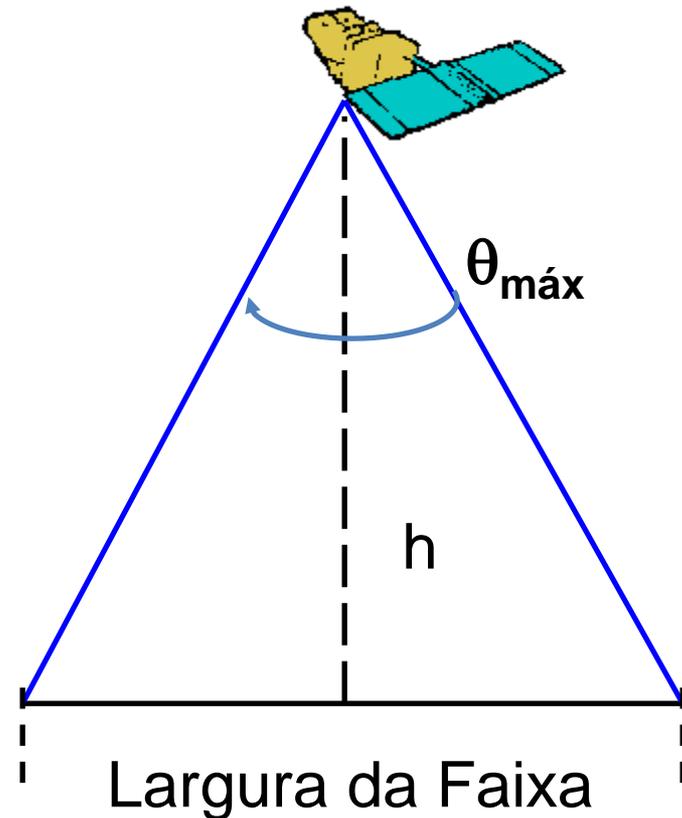
Com isso, é possível varrer uma faixa. A largura da faixa é:

- Logo: a faixa varrida no terreno:

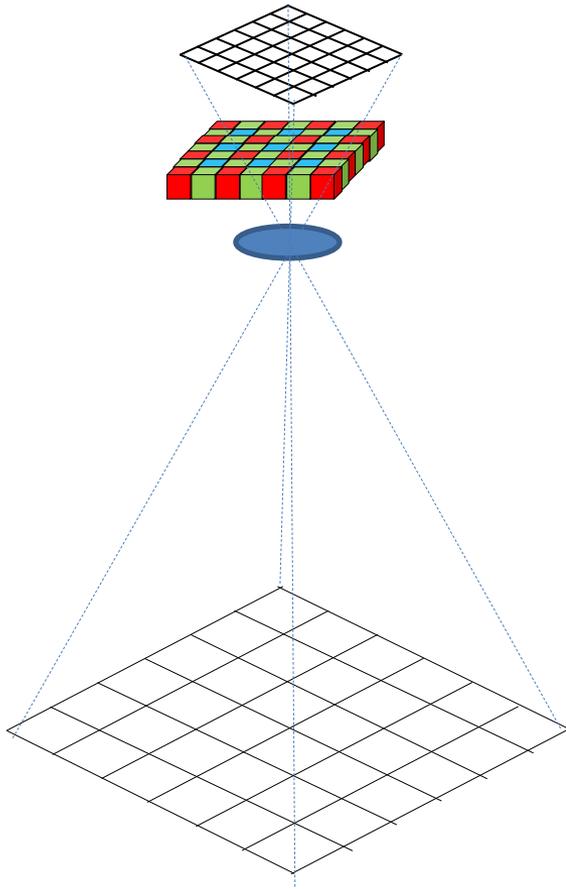
$$L = 2 * h \tan(0,5 * \theta_{\text{máx}})$$

Altura da órbita (h)

$\theta_{\text{máx}}$  ângulo máximo  
(Field of View FoV).



# Faixas espectrais

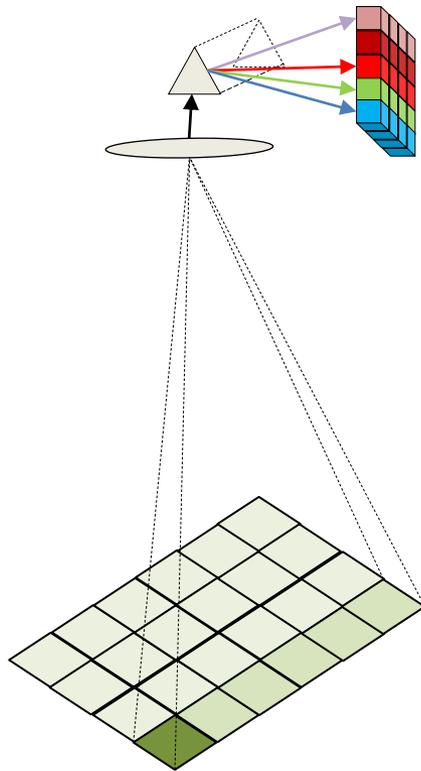


Em um sensor de quadro convencional, usa-se um CCD ou CMOS retangular. No sistema óptico é usado um filtro de cores que permite separar as componentes RGB dentro da matriz.

Filtro de Bayer.

Em um processo final, uma imagem é interpolada para cada cor.

# Varredor eletrônico



Nos varredores eletrônicos, a separação é efetuada ao longo da linha.

A radiação proveniente de um pixel é separada em componentes de cor que dão origem às bandas espectrais.

# resoluções

- Espectral
- Espacial
- Temporal
- radiométrica

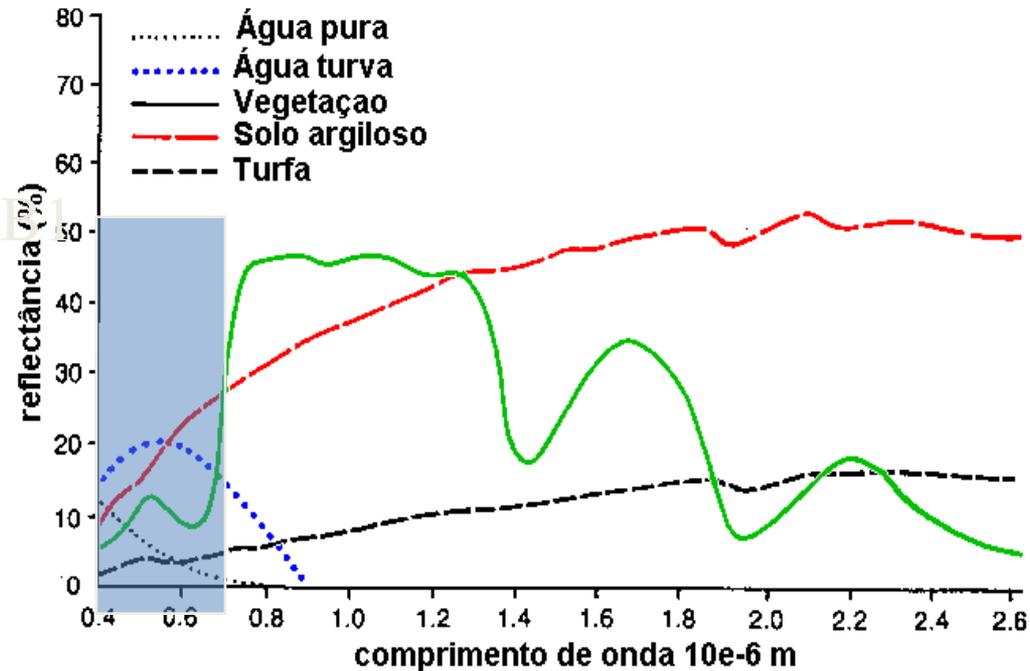
# Resolução espectral

Diz respeito ao número e à largura das faixas e espectrais usadas para o registro da imagem.

Sistemas com maior número de bandas espectrais (estreitas) são chamados de alta resolução espectral.

# Mono/Pan cromática

- Uma imagem monocromática é gerada quando uma única faixa espectral estreita (pode corresponder a uma única cor) é registrada.
- Uma imagem pancromática é gerada quando uma única faixa larga é registrada. Esta faixa espectral corresponde a várias cores (pan+cromático).



# Mono PAN



PAN=R+G+B



Mono(R)



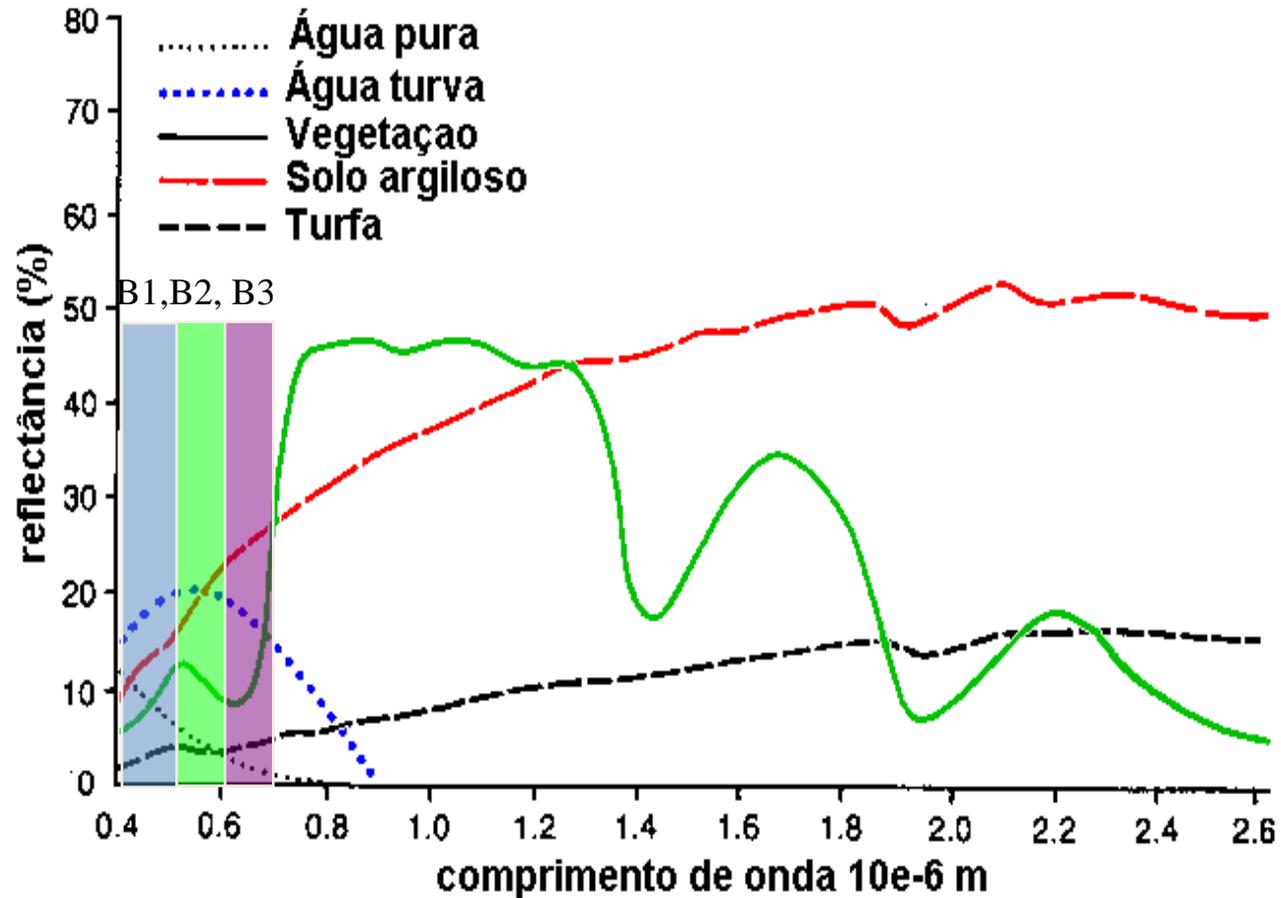
mono(G)



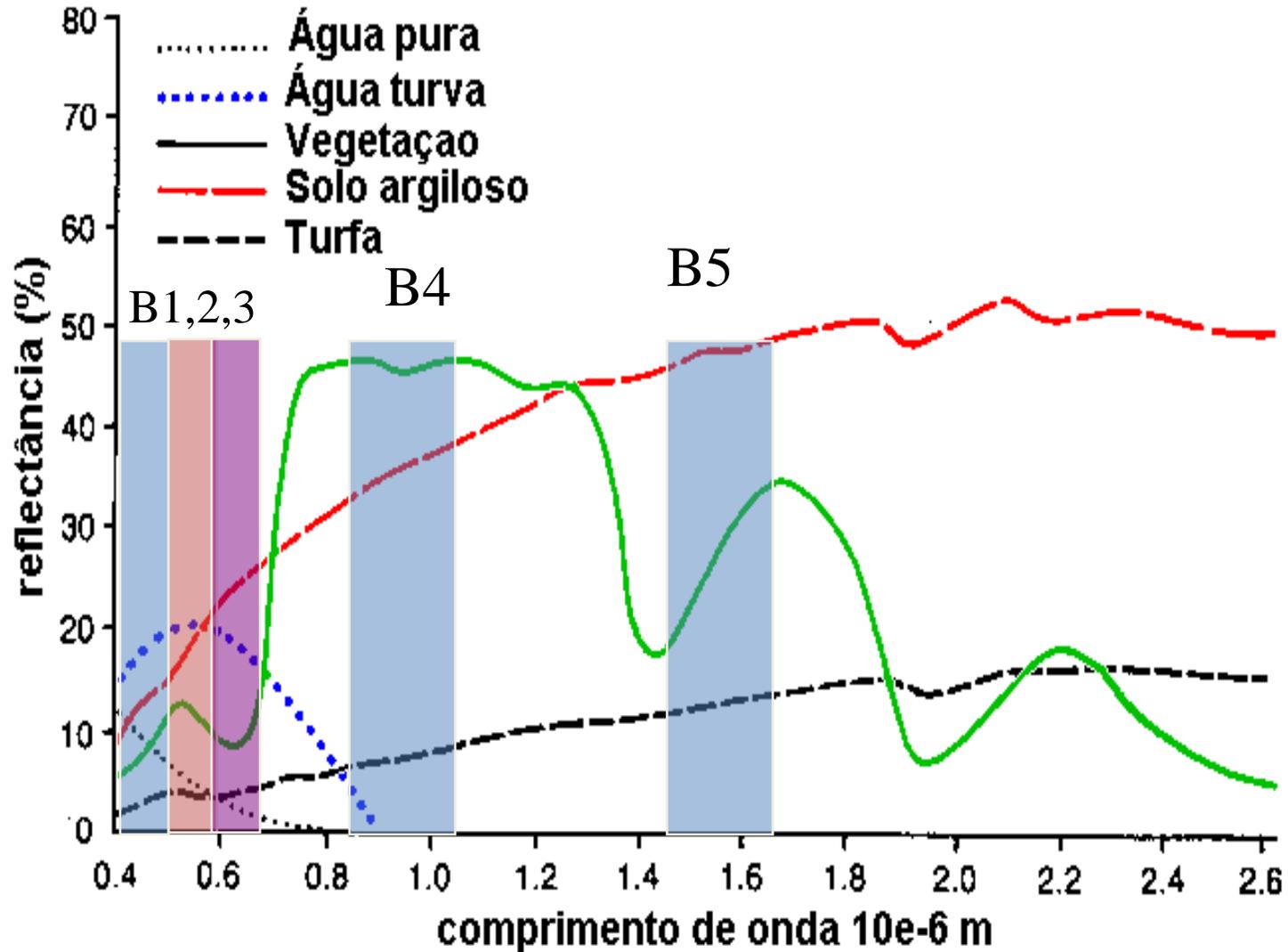
mono(B)

# multiespectral

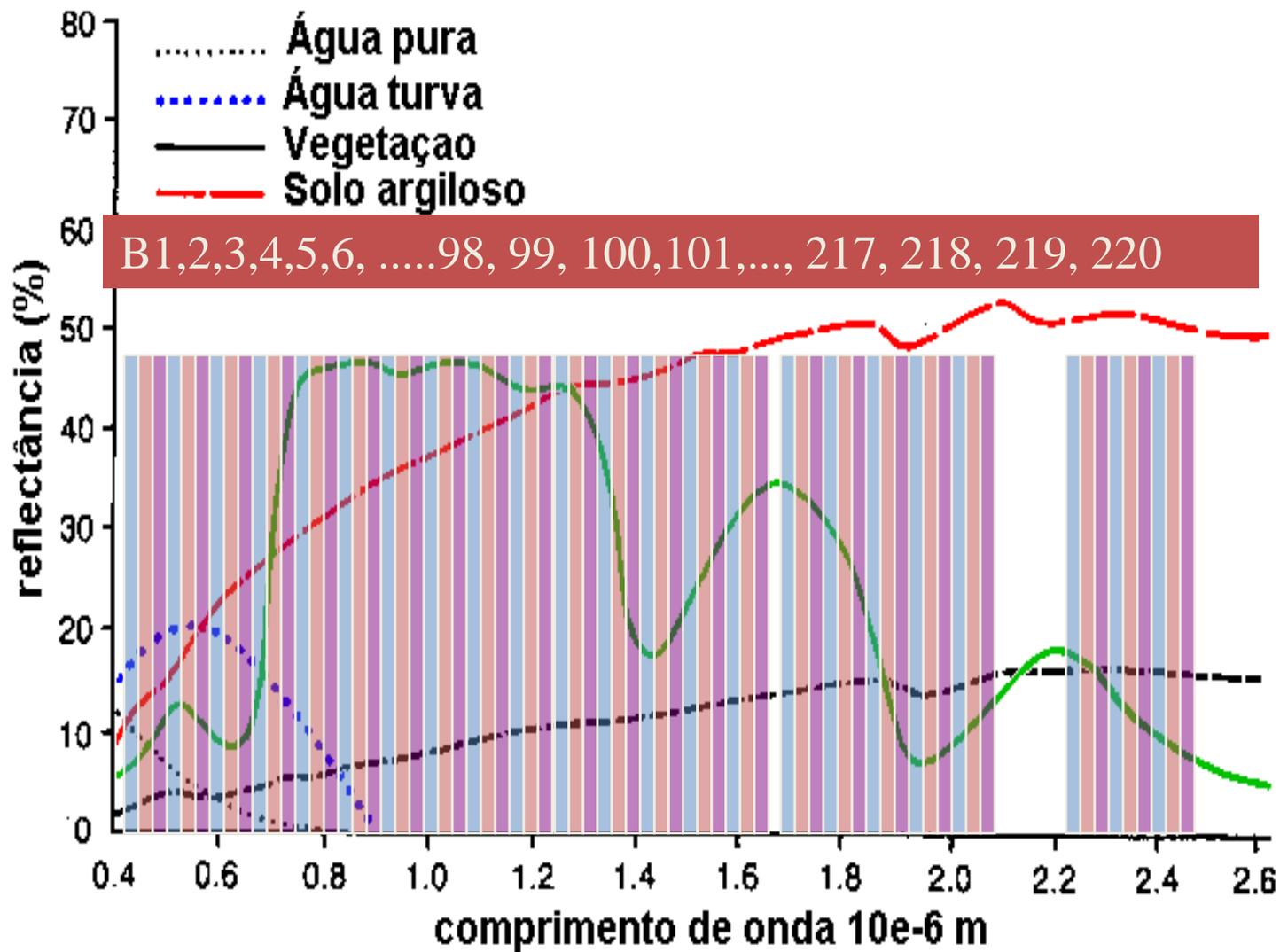
- Imagem colorida RGB



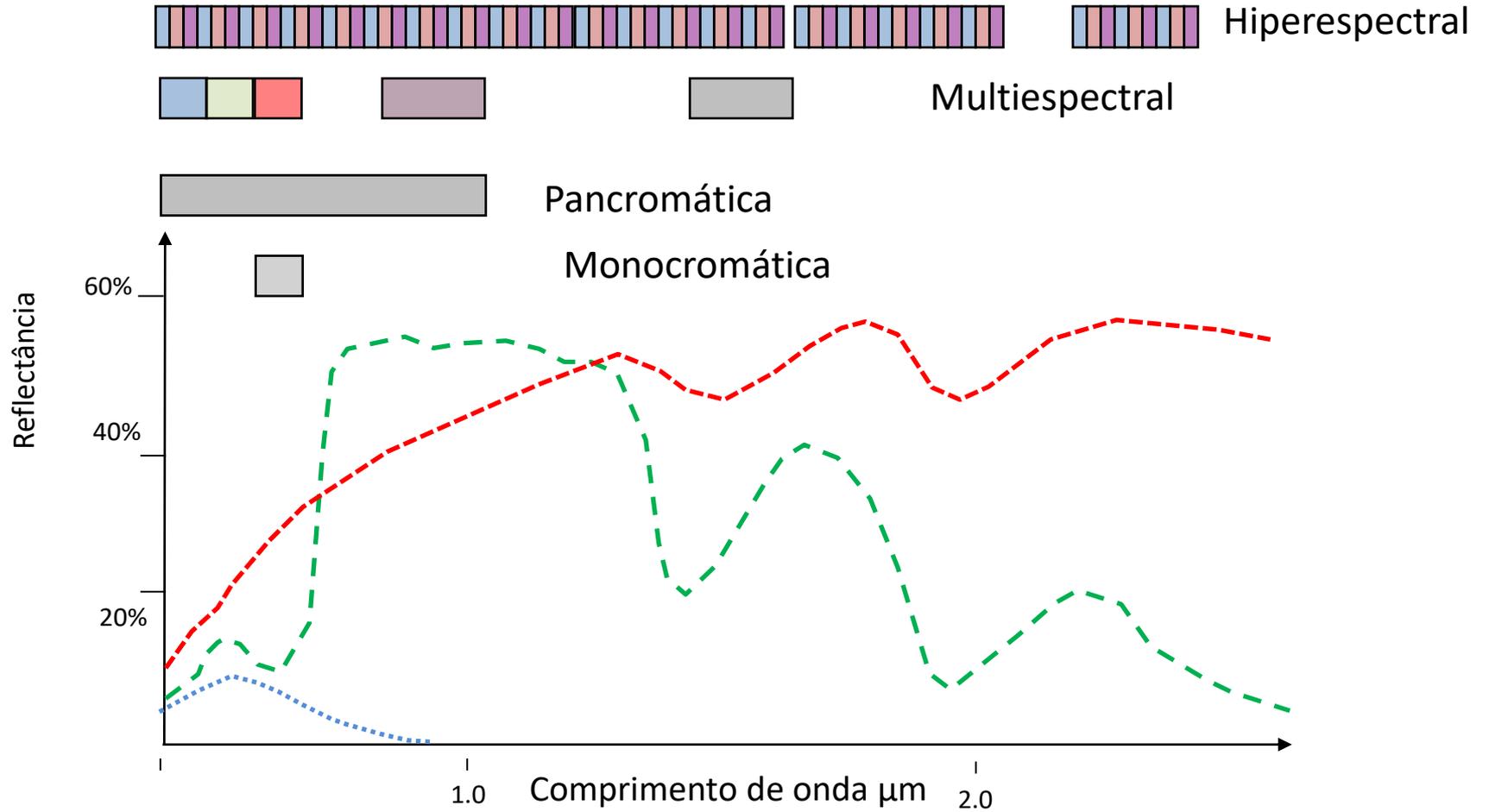
# Multiespectral



# Hiperespectral

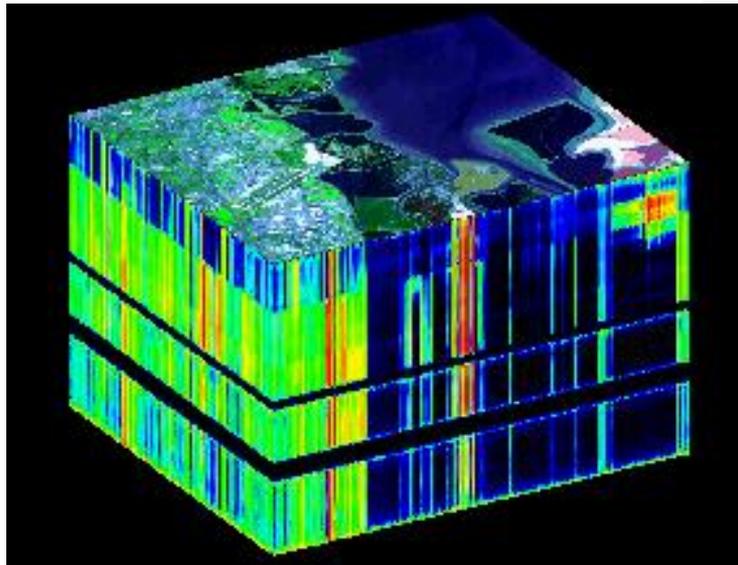


# Resumo



# Imagem hiperespectral

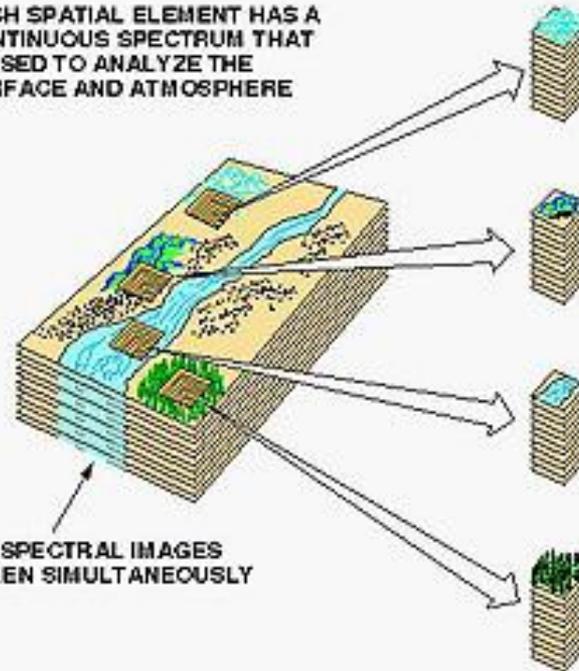
- Hiperespectral ex: 224 bandas



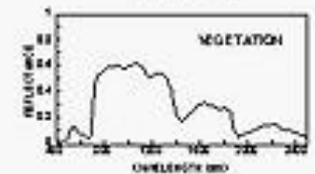
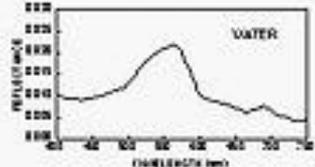
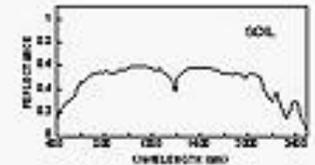
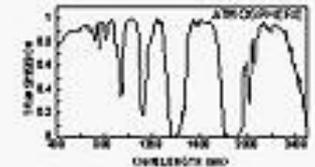
JPL

## AVIRIS CONCEPT

EACH SPATIAL ELEMENT HAS A CONTINUOUS SPECTRUM THAT IS USED TO ANALYZE THE SURFACE AND ATMOSPHERE



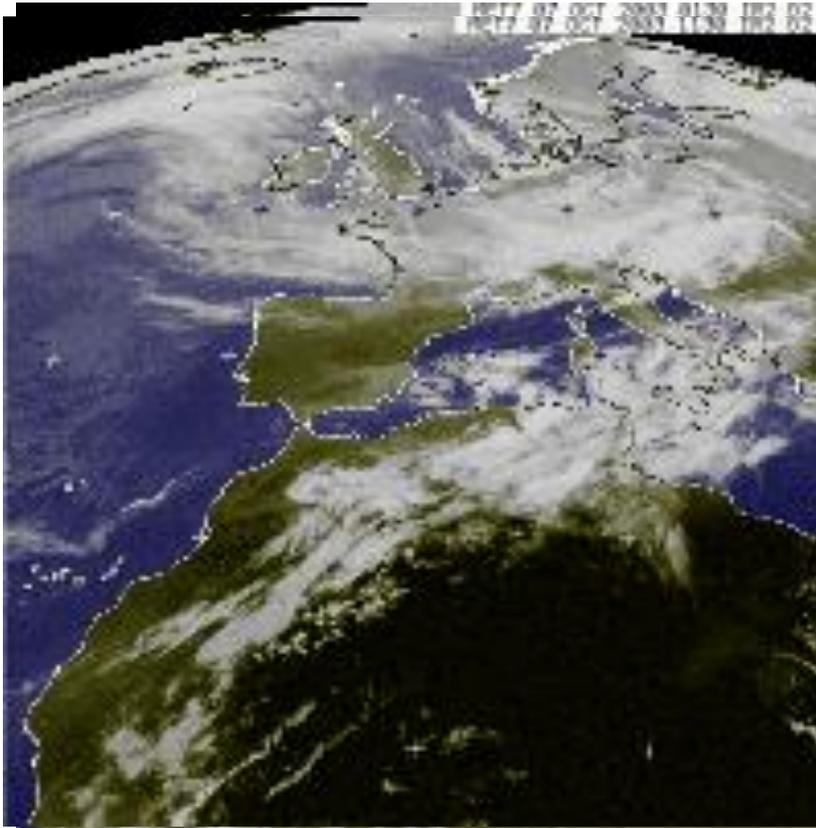
224 SPECTRAL IMAGES TAKEN SIMULTANEOUSLY



# Resolução temporal

- Intervalo entre duas imagens consecutivas de uma mesma área
- Os sistemas meteorológicos e de observação da atmosfera têm alta resolução temporal.
- *Associada às características da órbita (equatorial, polar?)*
- Exemplo: imagens para meteorologia: Meteosat
- <http://meteosat.e-technik.uni-ulm.de/meteosat/images/>

# Resolução temporal

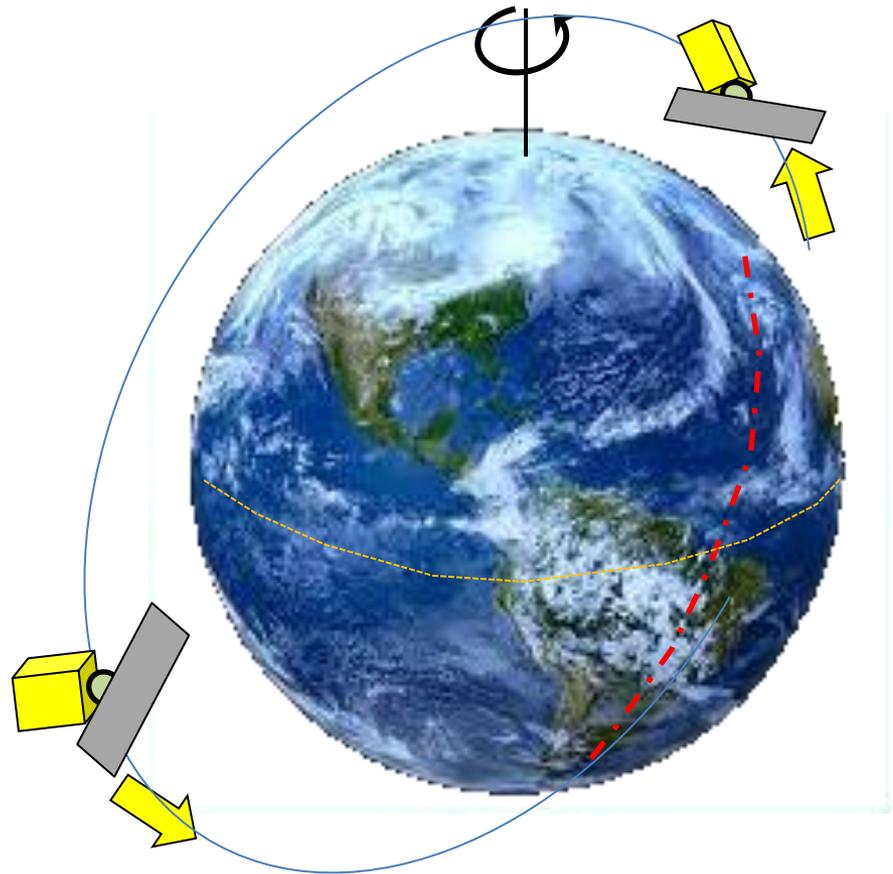


- Intervalo entre a tomada de duas imagens seguidas da mesma área.

# Combinação de satélites

Vários satélites na mesma órbita podem carregar o mesmo sensor.

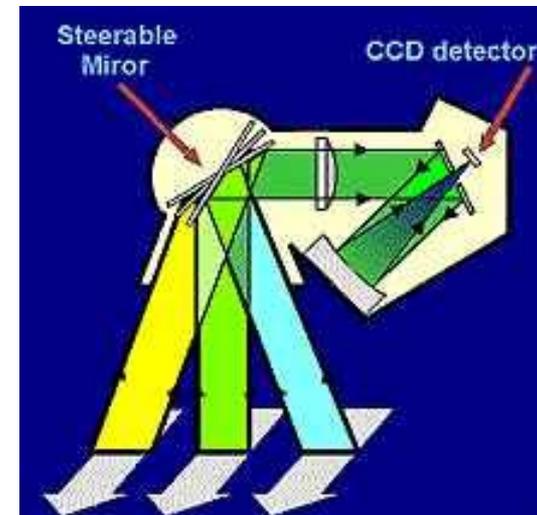
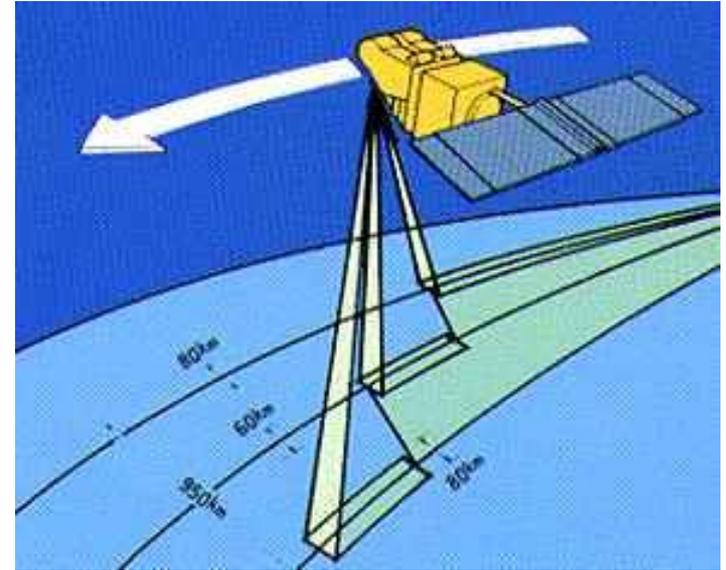
Isto diminui o tempo de aquisição de imagens de um mesmo local...



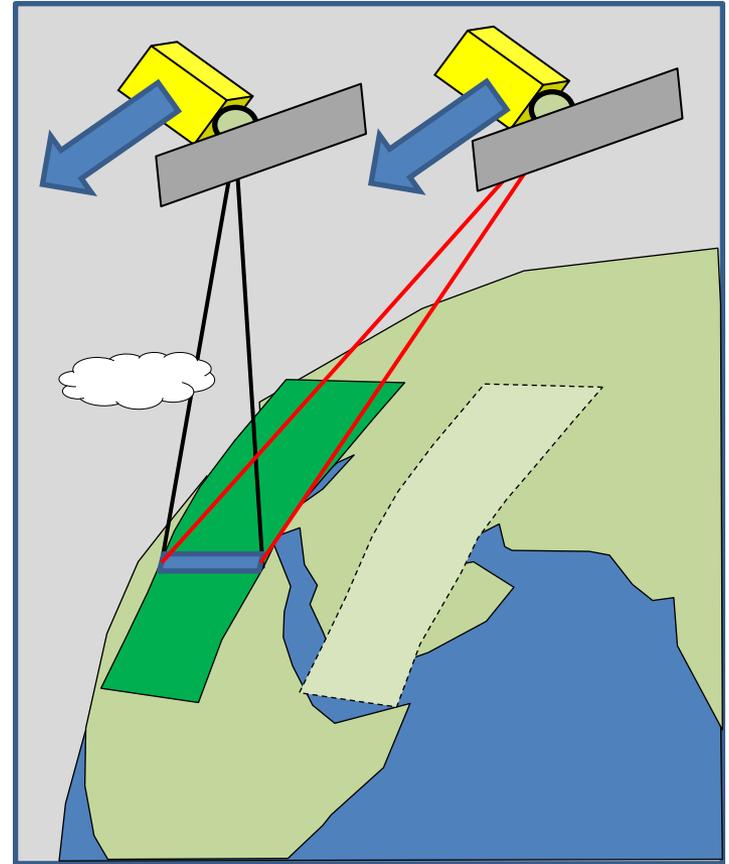
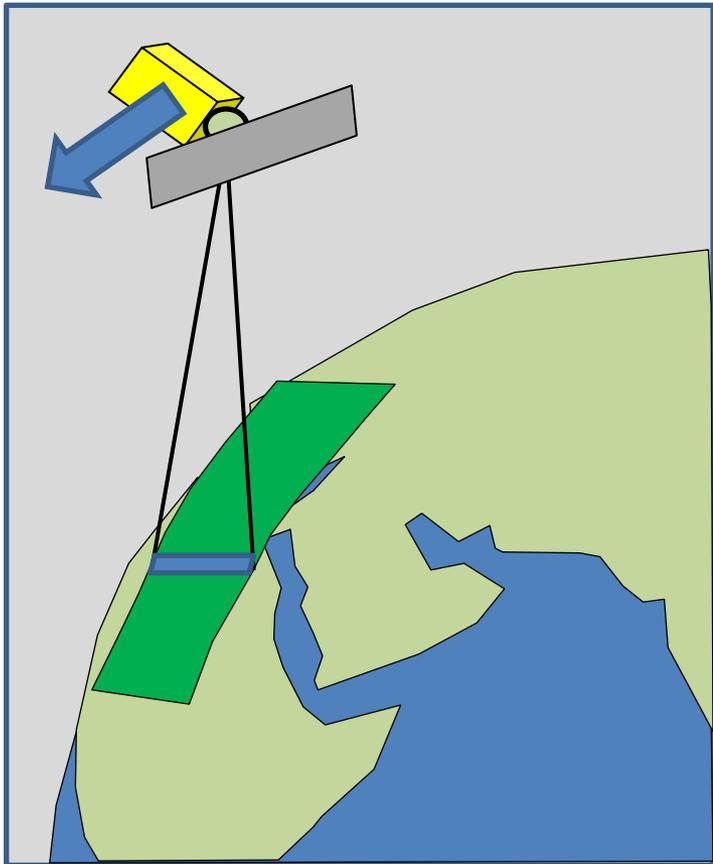
# Visada lateral

Se existe a possibilidade de apontar os sensores na direção lateral à órbita é possível observar a mesma área desde uma órbita vizinha, mas não na direção nadiral, mas de forma inclinada.

Para isto, usa-se um sistema de espelhos auxiliar que aponta o sensor em outra direção.



# Orientação do sensor



# Resolução espacial

## Discretização

resulta do processo de varredura por sensores digital.

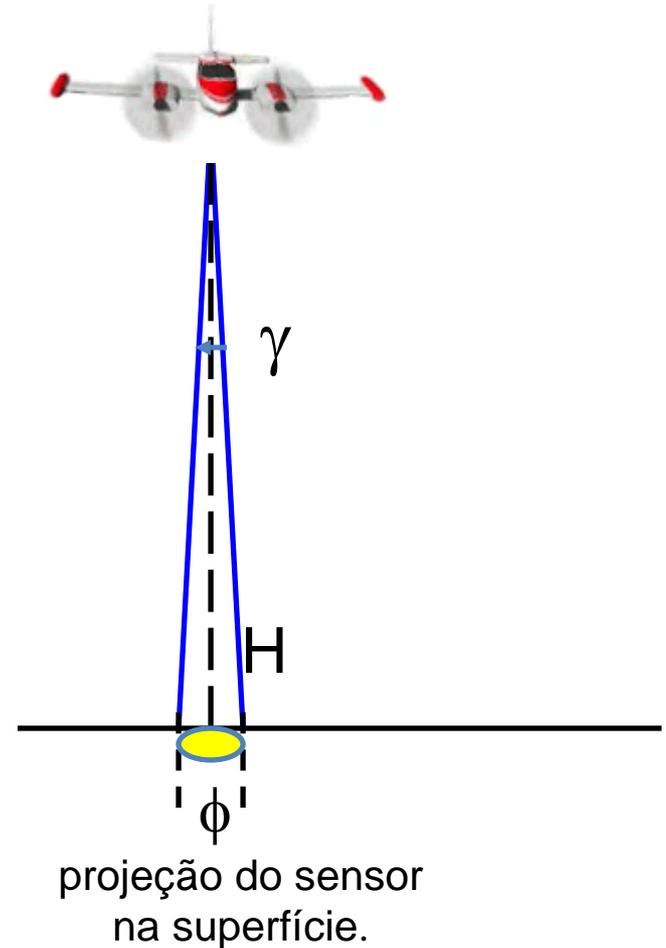
- Consiste em dividir a área coberta e pequenas unidades, cada uma delas associada a um detetor durante a varredura.



# Área coberta por cada detetor

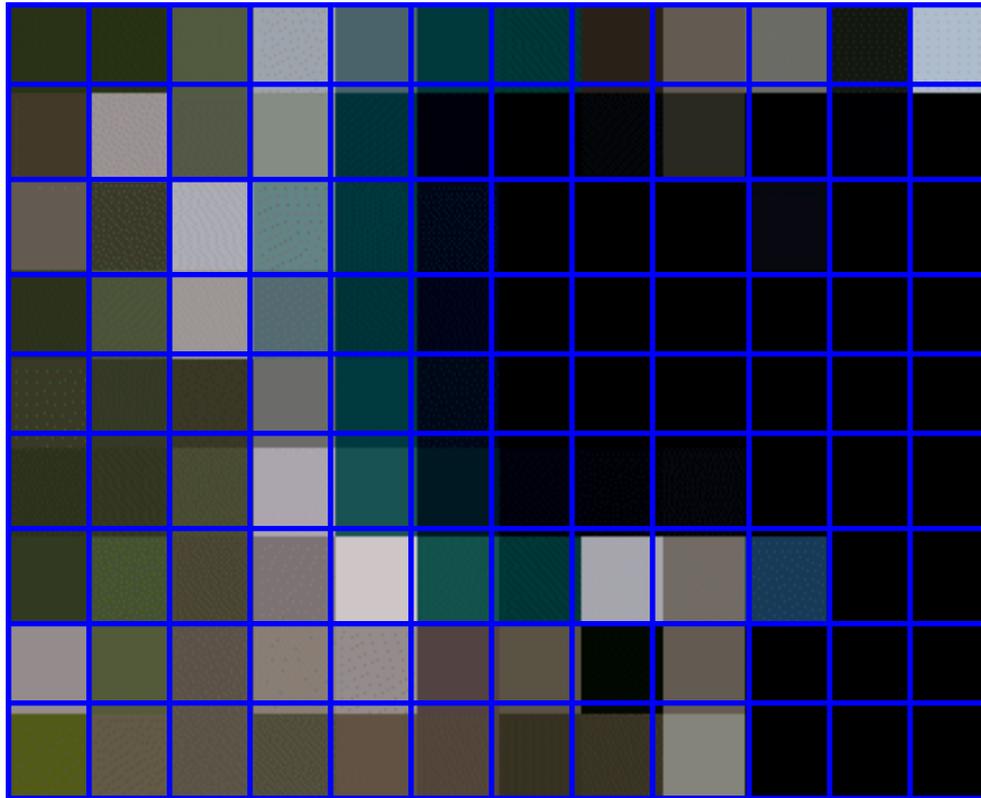
Devido à abertura do IFOV (Campo instantâneo de visão) cada sensor cobre uma pequena unidade de área, não apenas um ponto. O diâmetro da região coberta pelo sensor na superfície do terreno ( $\phi$ ) é função da altura da órbita ( $H$ ) e o IFOV ( $\gamma$ ).

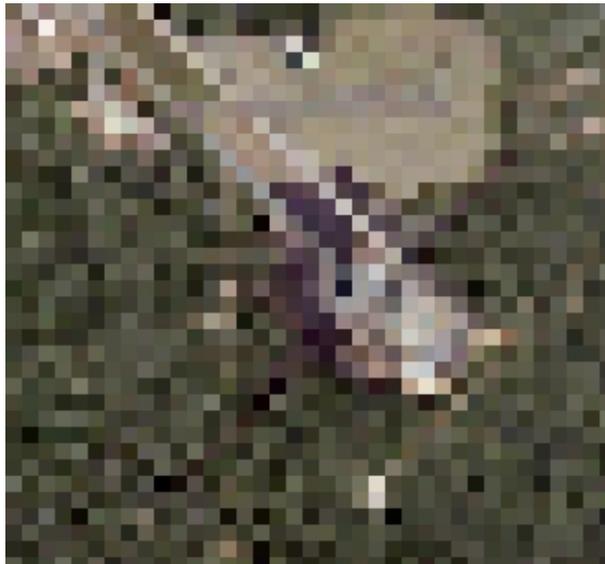
Quanto menor for o tamanho do pixel, mais detalhe espacial pode ser armazenado na imagem, ou seja, aumenta a resolução espacial. Por isso, a resolução espacial do sistema está associada ao tamanho do pixel no terreno.



# Exemplo de discretização

- Simplificação do plano da imagem sob forma de uma malha regular finita, cujos elementos têm um tamanho fixo e constante (pixels), onde a energia incidente em cada célula é medida por um elemento detector.





Mesma imagem em várias resoluções espaciais (Base de Alcântara)

# Resolução radiométrica - Quantização

A energia incidente é uma grandeza contínua, o que demandaria um grande espaço de memória para armazenar a imagem (pouco prático e antieconômico).

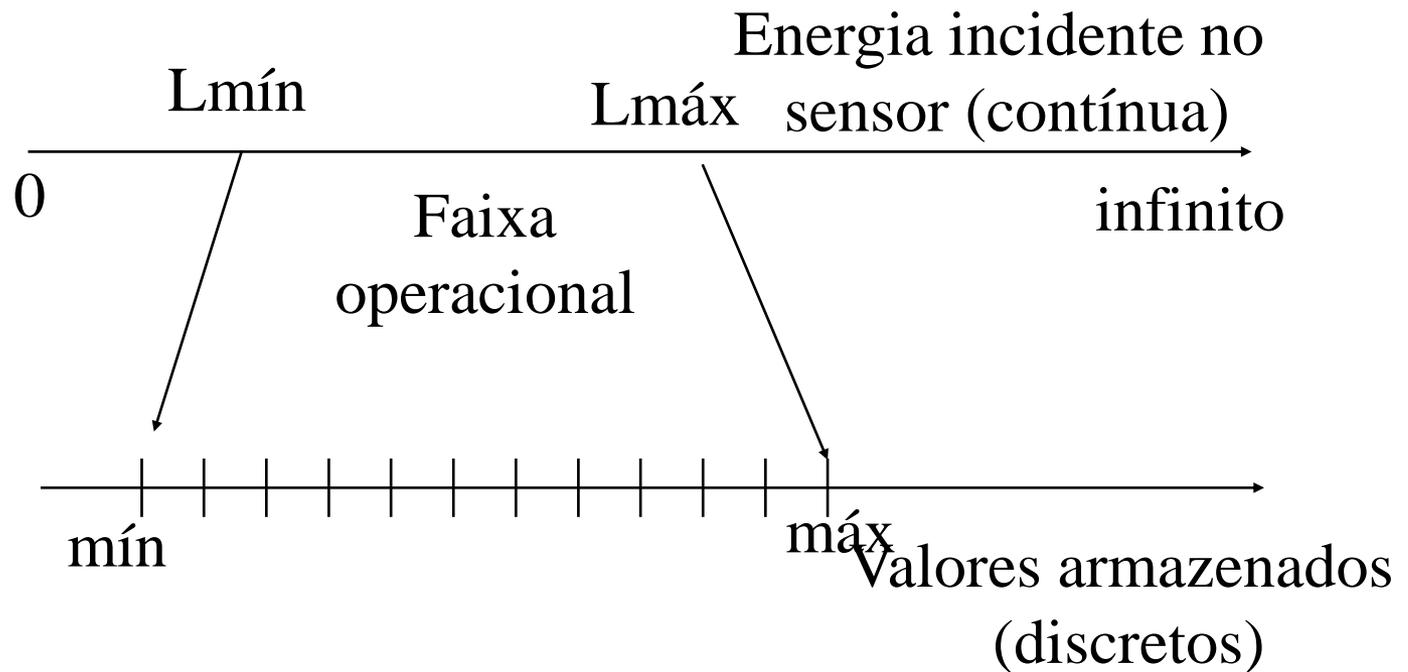
A gama de valores possíveis que podem ser armazenados é pequena em função da sensibilidade dos sensores.

É necessário o armazenamento de apenas uma quantidade finita, mas suficientemente grande, de níveis de energia em lugar de todos os valores possíveis;

Solução: uma segunda simplificação, desta vez nos valores de energia.

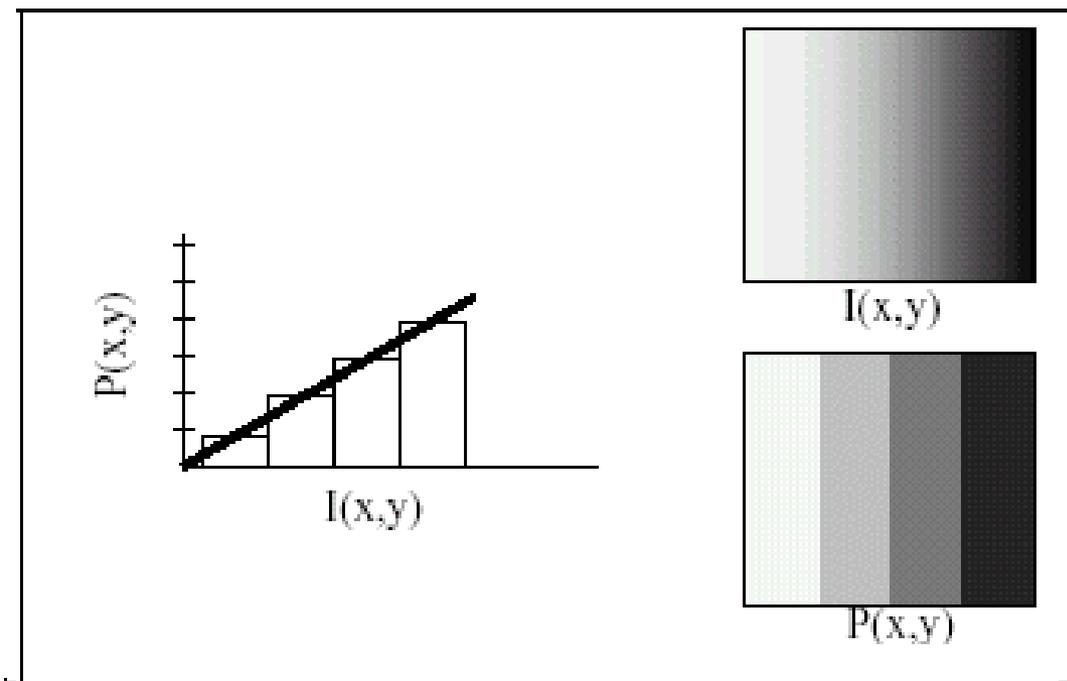
# Resolução radiométrica - Quantização

Definir uma escala discreta de possíveis valores entre  $L_{\min}$  –  $L_{\max}$ , em função da resolução radiométrica do sistema (8 bits? 11 bits).



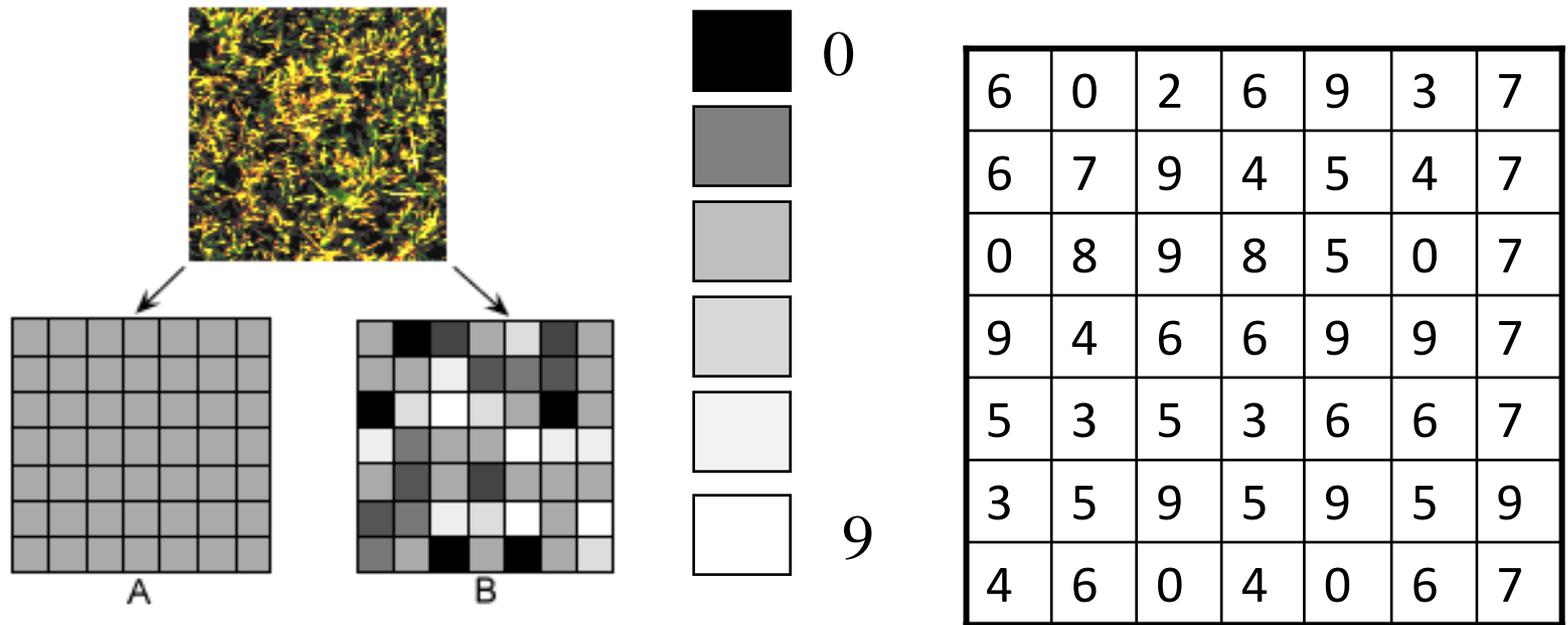
# Resolução radiométrica - Quantização

O resultado é o armazenamento da energia incidente no sensor usando uma nova escala, composta por valores numéricos inteiros.



# Resolução radiométrica - Quantização

A imagem deixa de ser analógica (contínua) para ser armazenada como números, valores discretos.



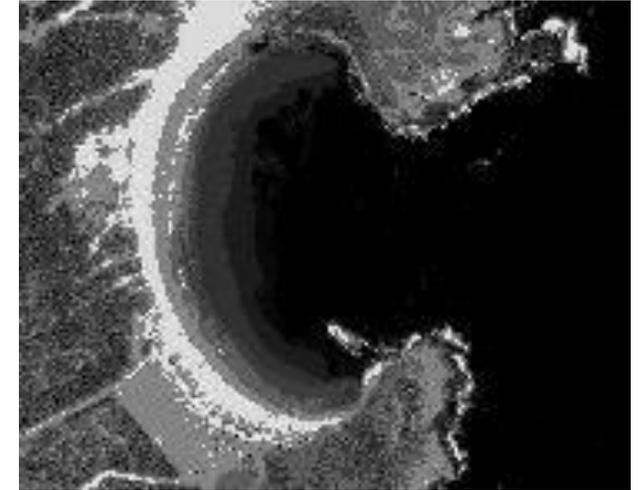
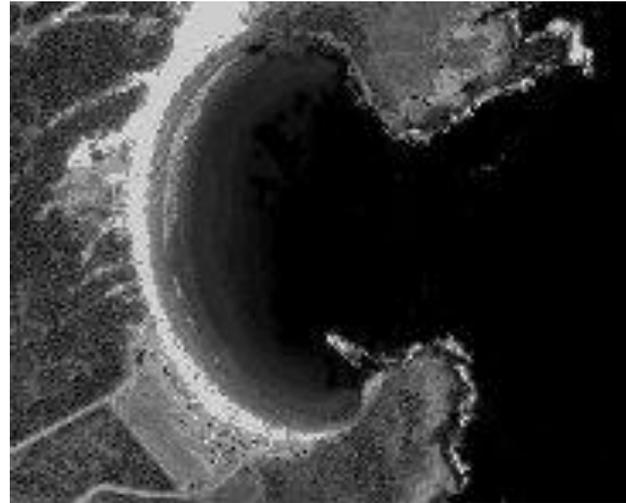
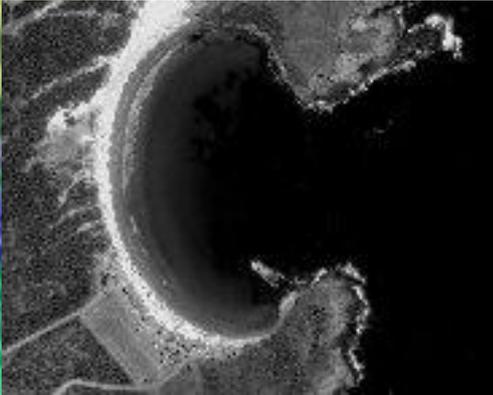


## Bits & Bytes

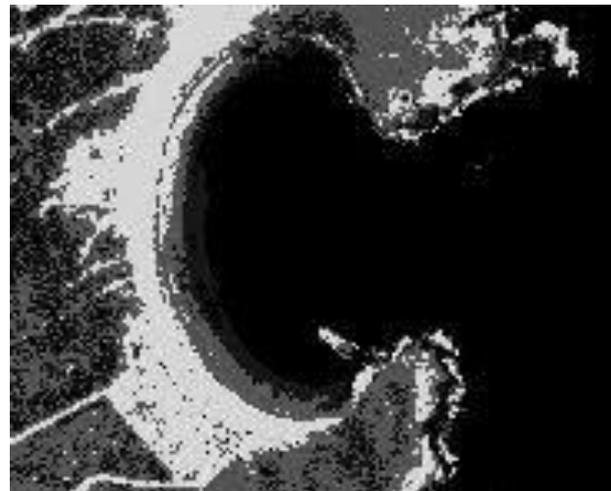
- Refere-se à quantidade de valores digitais que são usados para armazenar a variação de energia eletromagnética incidente no sensor.
- Geralmente é definida em função do número de BITS usados para armazenar os dados em formato digital (Quantização).

Usando  $n$  bits é possível representar  $2^n$  possibilidades, variando de zero a  $2^n - 1$

# Resolução radiométrica - Quantização



Representação  
usando  
16 tons (valores)  
8 tons (valores)  
4 tons (valores)  
2 tons (valores)



# TAREFA

O governo de seu estado deseja atualizar suas cartas com imagens de satélite. Para isto, convocou os representantes de diferentes sistemas sensores para que apresentem seus produtos, descrevam as características de suas imagens, principais vantagens e possibilidade de resolver os seguintes problemas:

- a) Mapeamento de malha viária em áreas urbanas na escala 1:10000
- b) Mapeamento de áreas de preservação nativa na escala 1:50.000
- c) Previsão de safra de soja no sul do Brasil.

Como aluno do curso, assuma o papel de representante de um dos sistemas abaixo e prepare uma apresentação de 10 minutos para a seguinte aula:

Sistemas:

- a) Landsat
- b) SPOT
- c) Sentinel
- d) Geoeye
- e) ASTER
- f) Rapideye
- g) Siwei
- h) Imagesat international