

# COMPORTAMENTO ESPECTRAL DE ALVOS

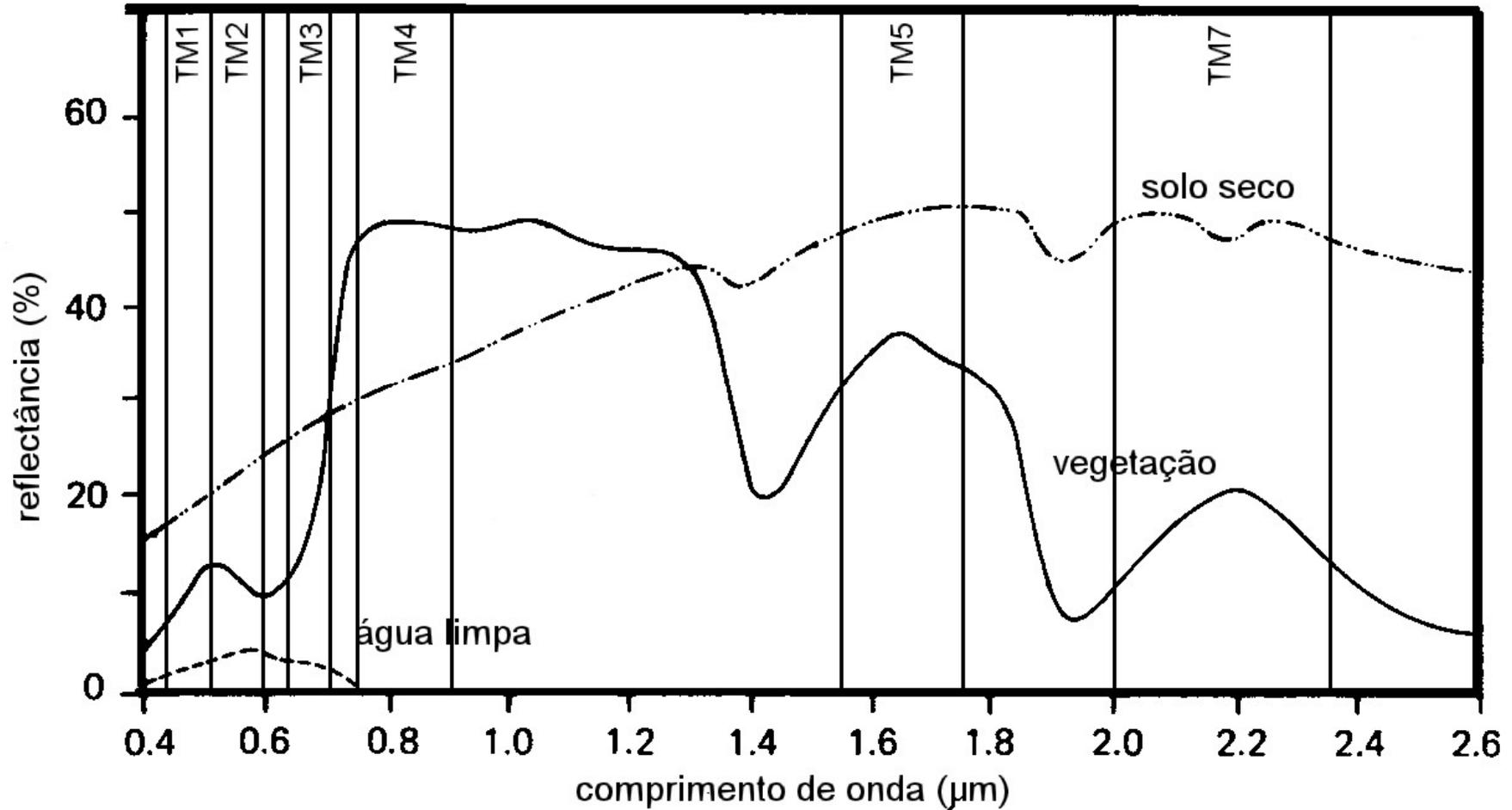
- O que é ?
  - É o estudo da Reflectância espectral de alvos (objetos) como a vegetação, solos, minerais e rochas, água
- Ou seja:
  - É o estudo da interação da REM com as substâncias da superfície terrestre.

# Assinatura Espectral

- **Intensidade relativa com que cada corpo reflete ou emite a radiação eletromagnética nos diversos comprimentos de onda**

**(curvas de reflectância x comprimento de onda)**

# ASSINATURA ESPECTRAL



Curvas de reflectância espectral de alguns alvos

Adaptado de Lillesand & Kiefer (1987)

Asphalt GDS376 Blck\_Road old W1R1Fa AREF  
Clark et al. 2003a, USGS, OFR 03-395  
Digital Spectral Library  
splib05a 9737 w= 10

REFLECTANCE

0.3

0.2

0.1

0.0

0.5

1.0

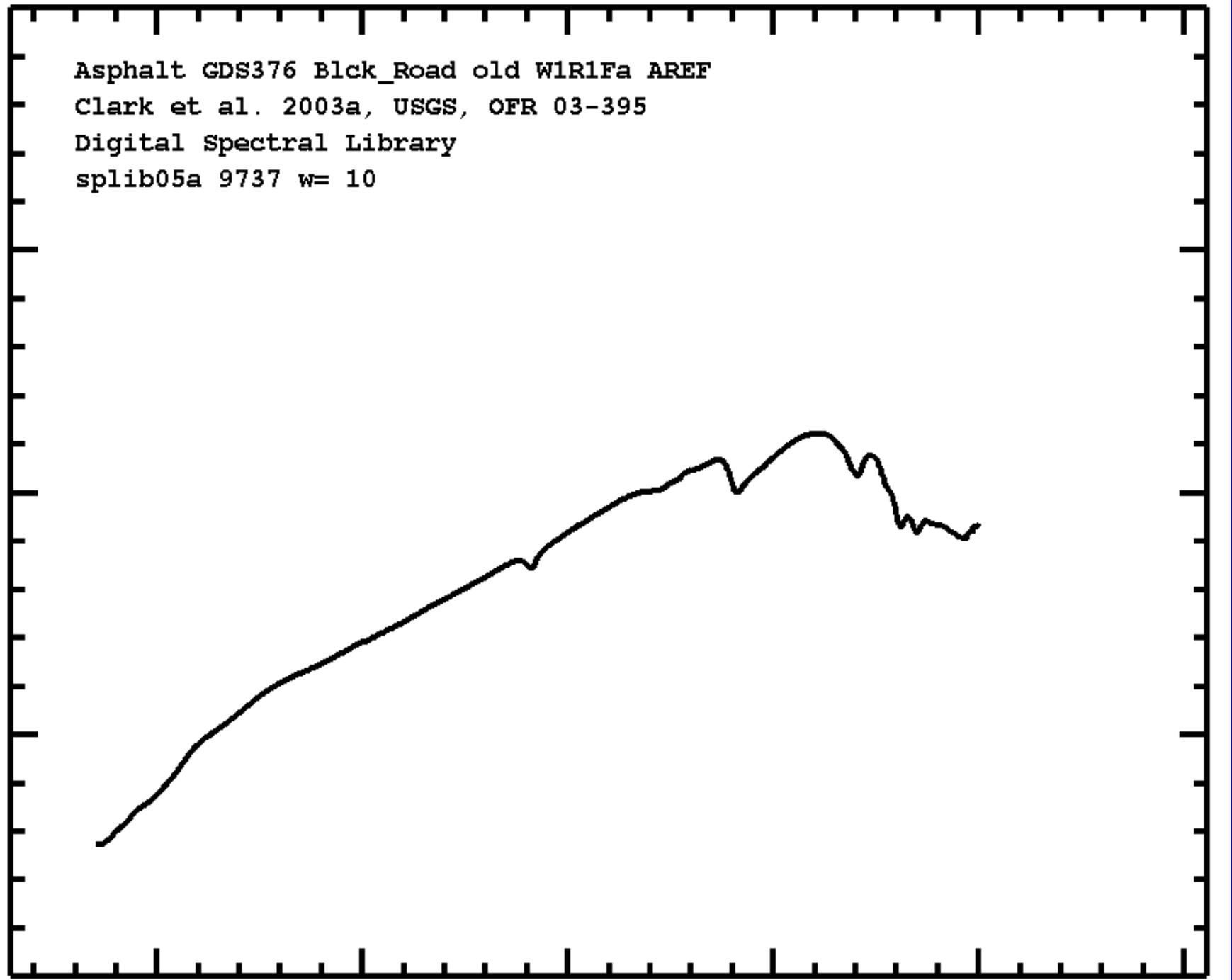
1.5

2.0

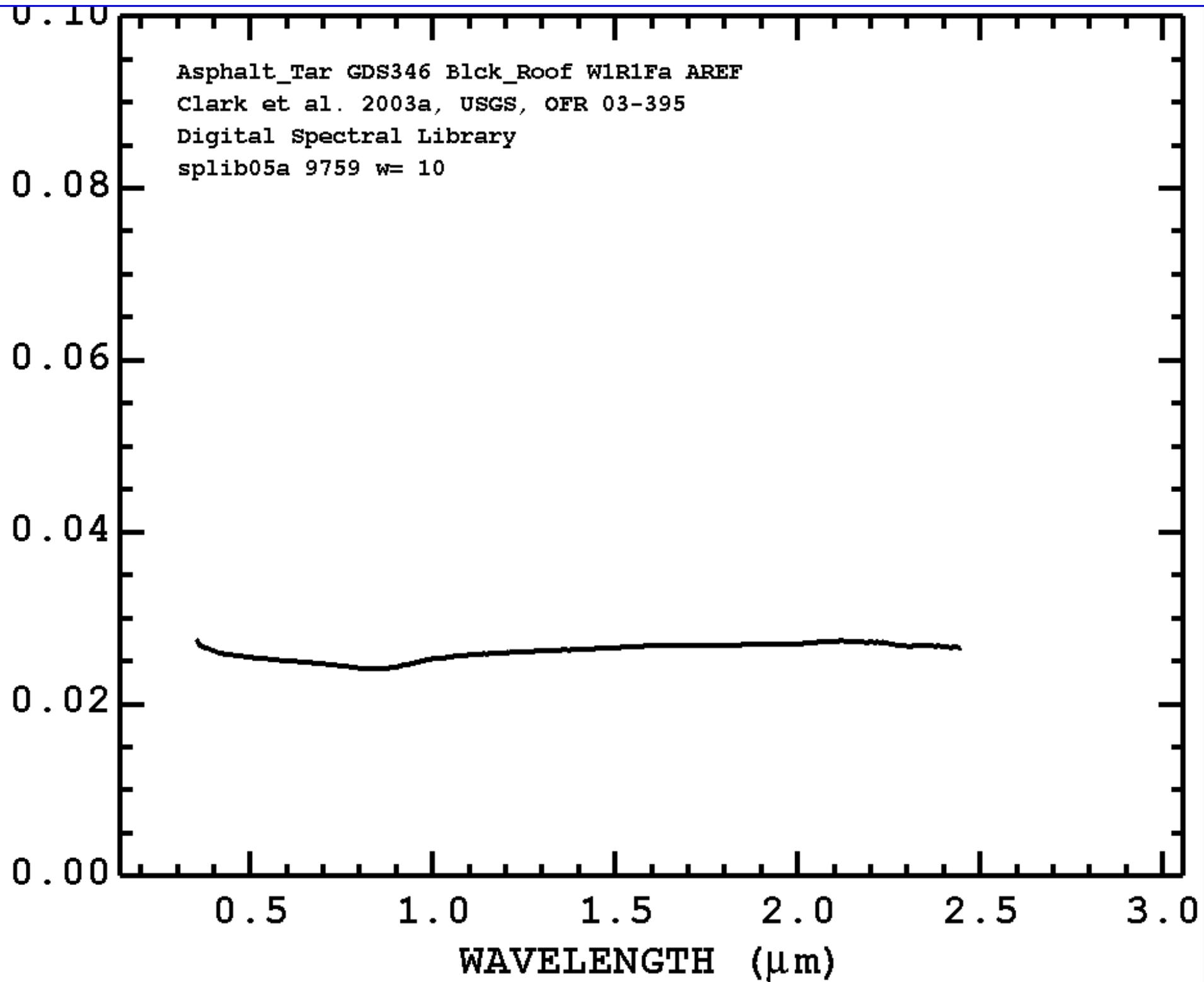
2.5

3.0

WAVELENGTH ( $\mu\text{m}$ )

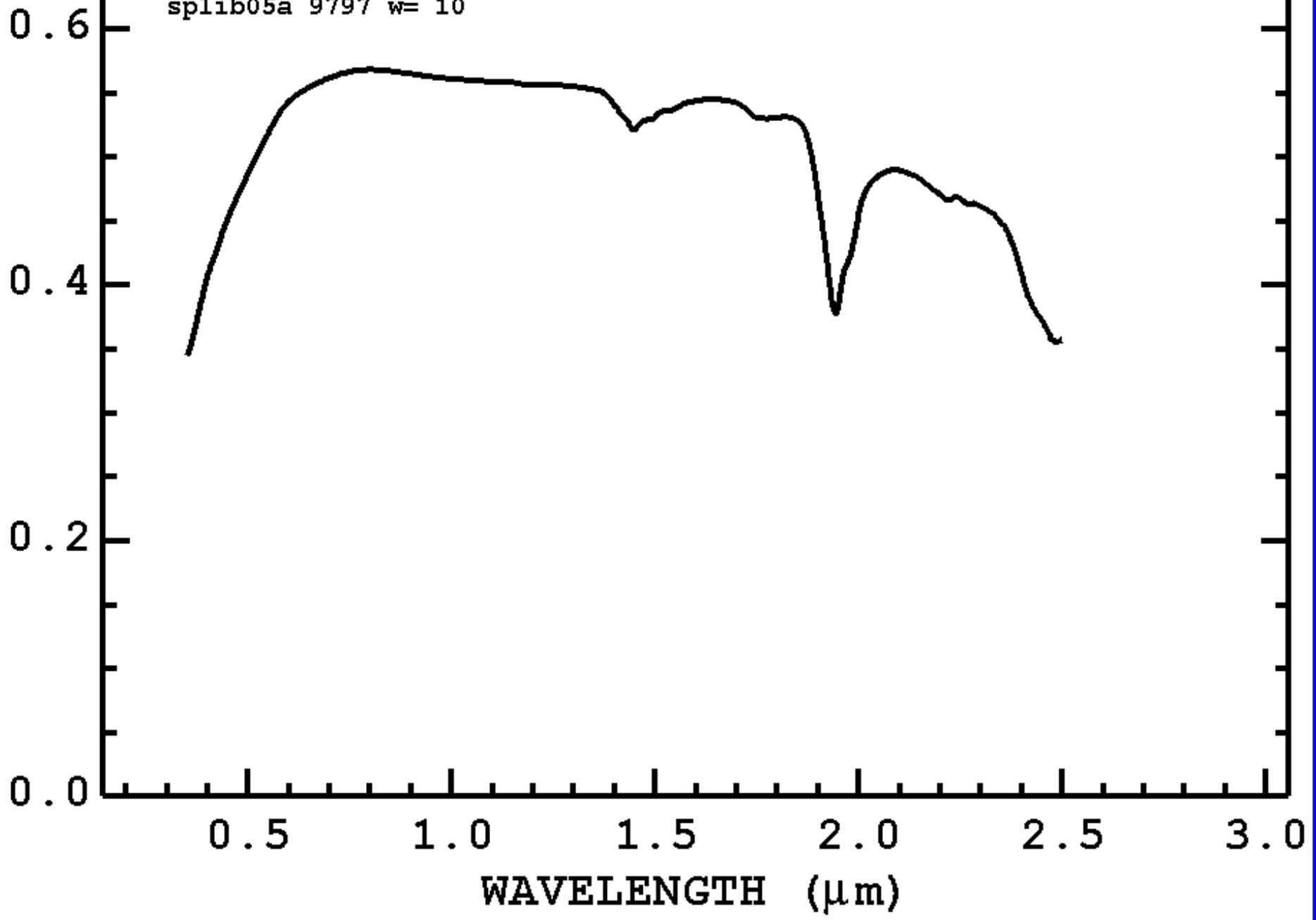


REFLECTANCE



REFLECTANCE

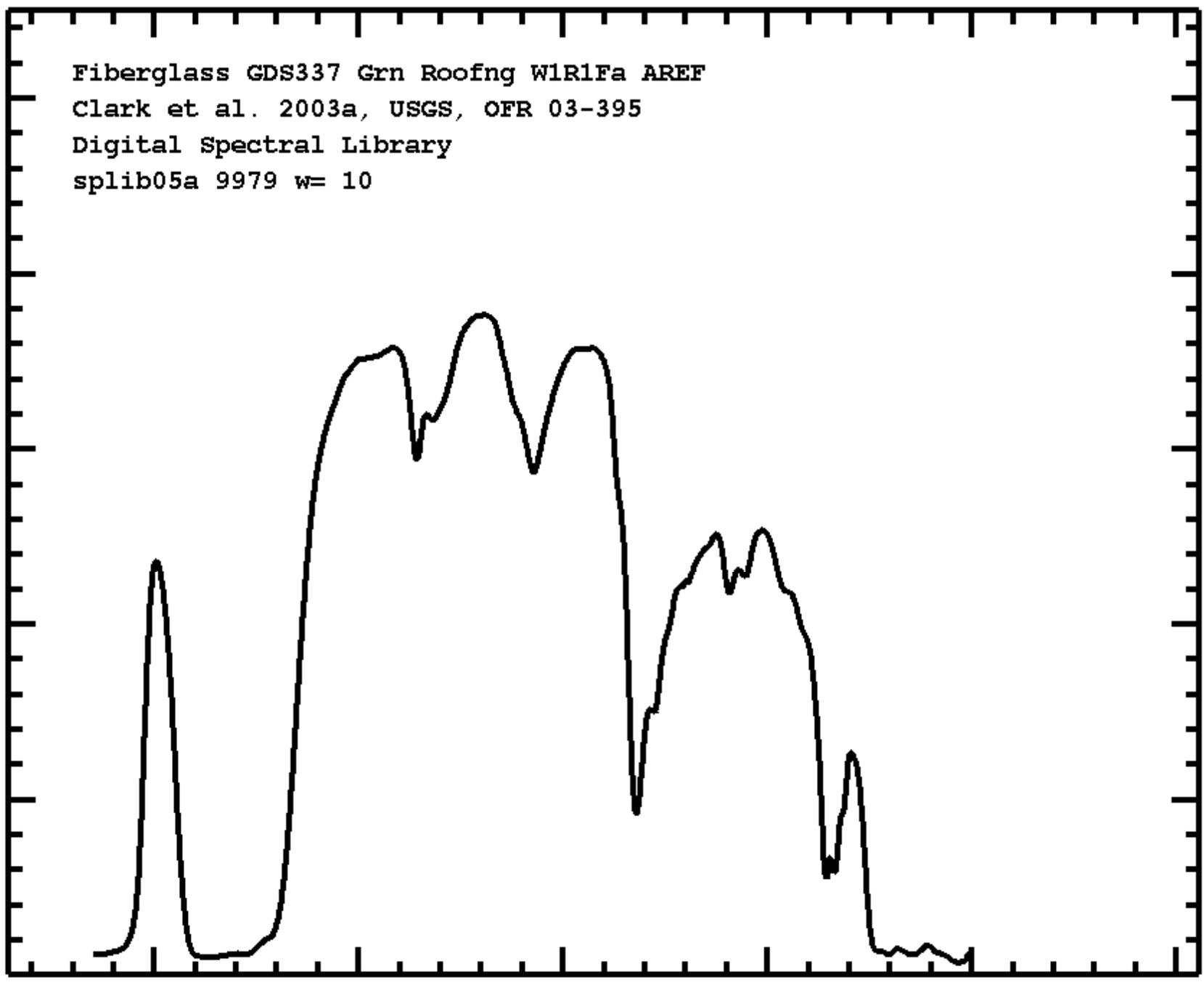
Concrete WTC01-37A                      W1R1Fa AREF  
Clark et al. 2003a, USGS, OFR 03-395  
Digital Spectral Library  
splib05a 9797 w= 10



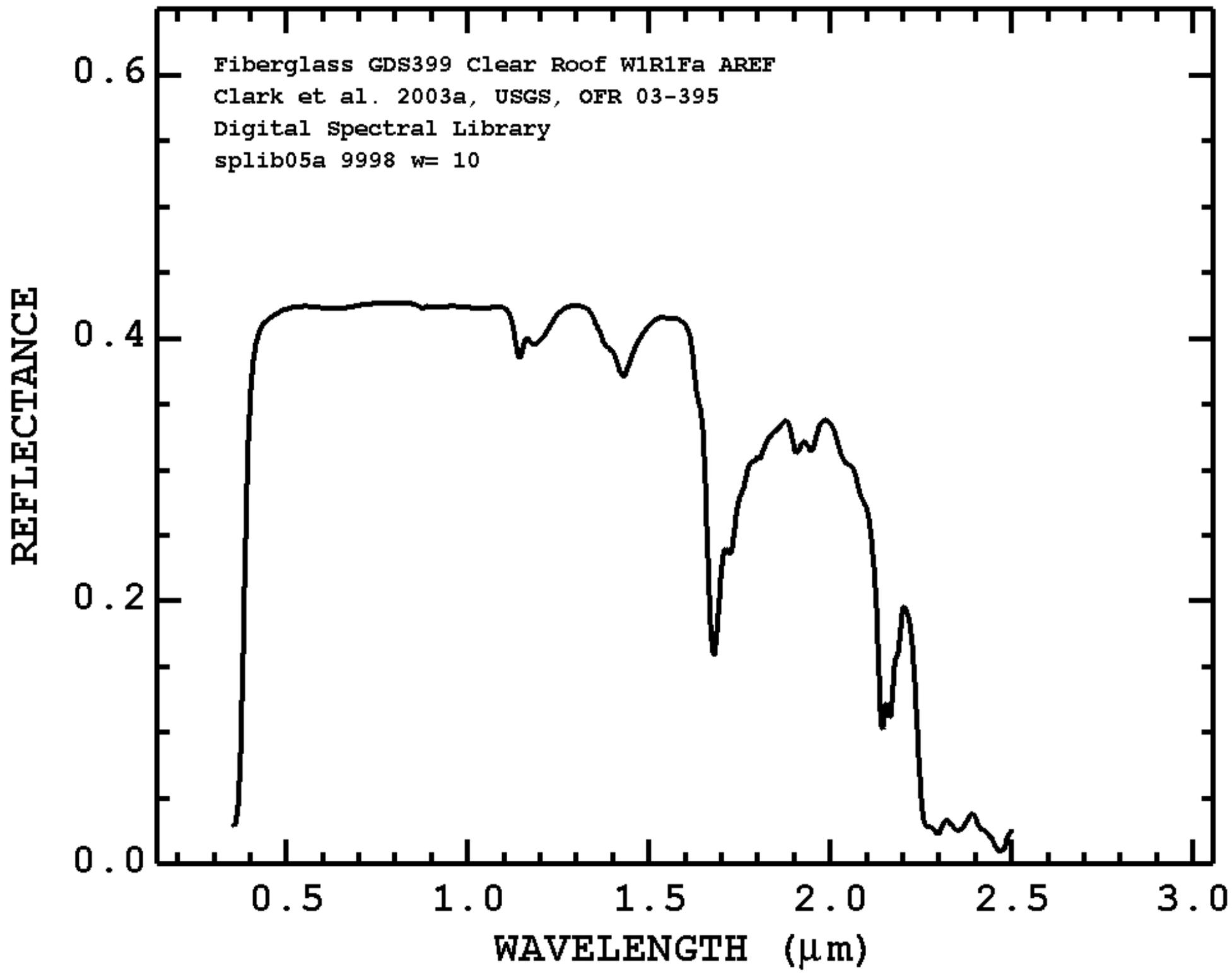
REFLECTANCE

Fiberglass GDS337 Grn Roofng W1R1Fa AREF  
Clark et al. 2003a, USGS, OFR 03-395  
Digital Spectral Library  
splib05a 9979 w= 10

0.5  
0.4  
0.3  
0.2  
0.1  
0.0



0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0  
WAVELENGTH (μm)



GalvanizedSheetMetal GDS334 W1R1Fa AREF  
Clark et al. 2003a, USGS, OFR 03-395  
Digital Spectral Library  
splib05a 10018 w= 10

0.20

0.15

0.10

0.05

0.00

0.5

1.0

1.5

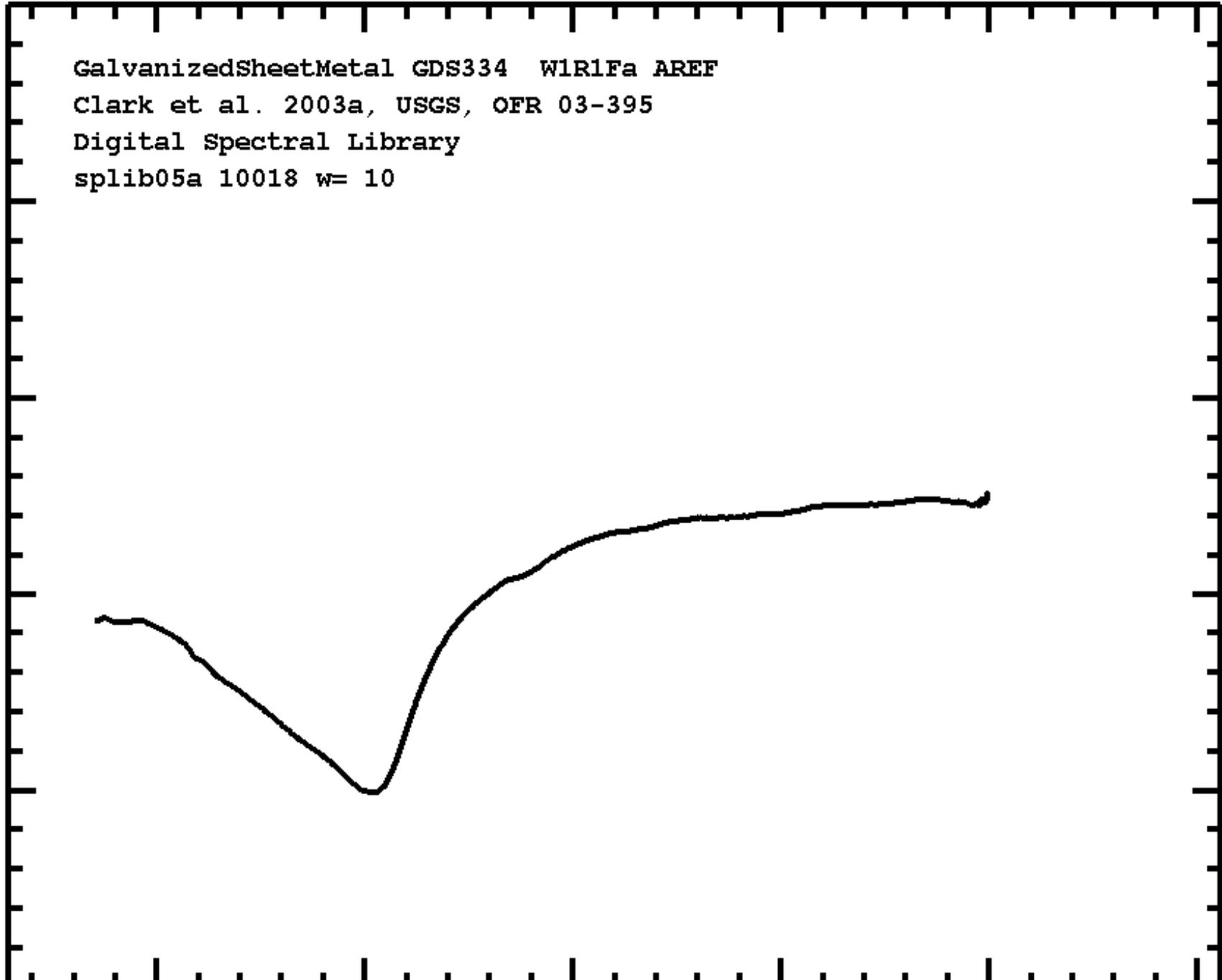
2.0

2.5

3.0

WAVELENGTH ( $\mu\text{m}$ )

REFLECTANCE

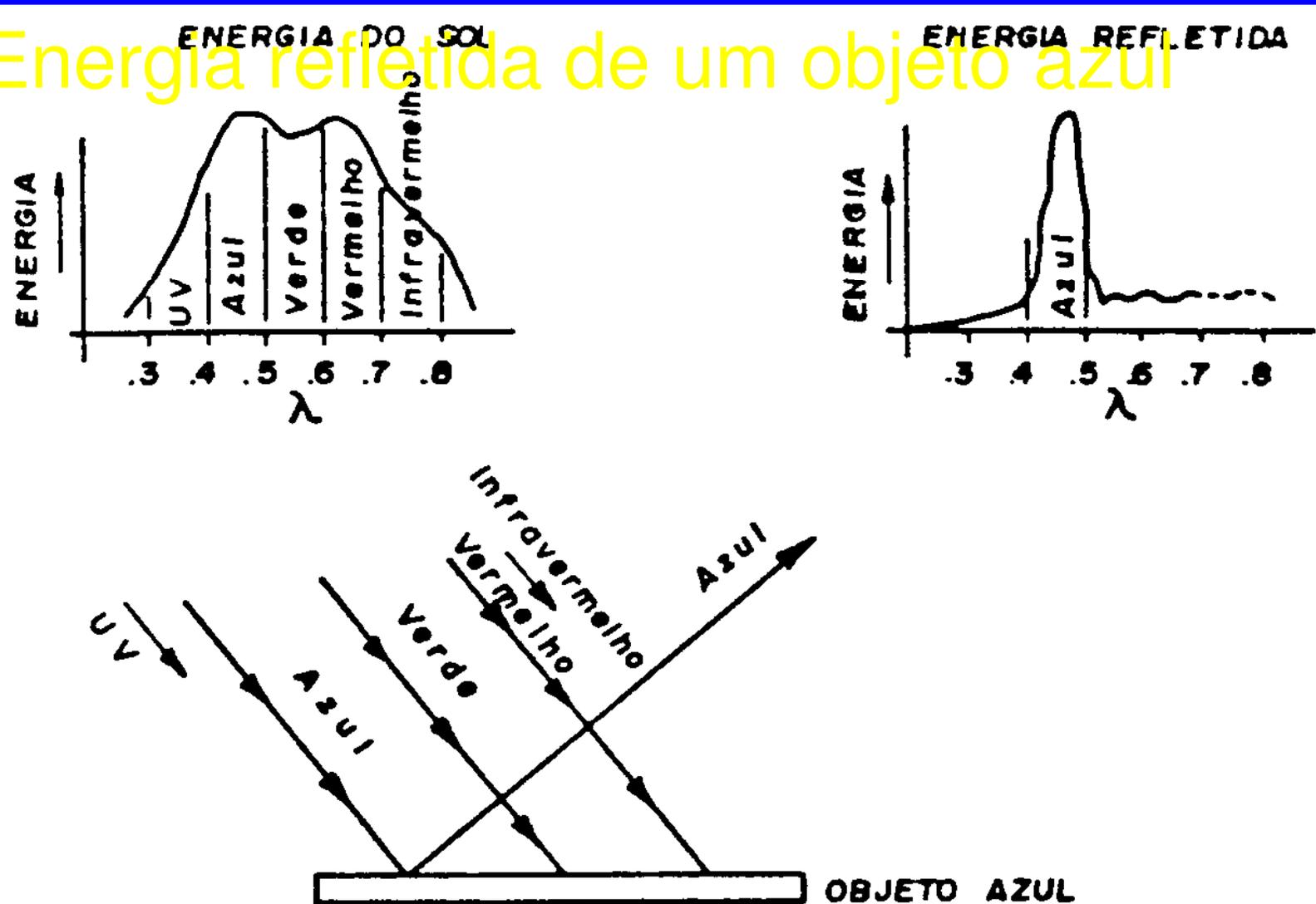


# COMPORTAMENTO ESPECTRAL DE ALVOS

- Por que um objeto é azul perante nossos olhos ?
  - R: É o comprimento de onda ( $\lambda$ ) que ele reflete e que captamos.
  - Reflexão seletiva à REM do Sol
  - As ondas eletromagnéticas podem ser( $\lambda$ ):
    - Refletidas
    - Absorvidas
    - Transmitidas

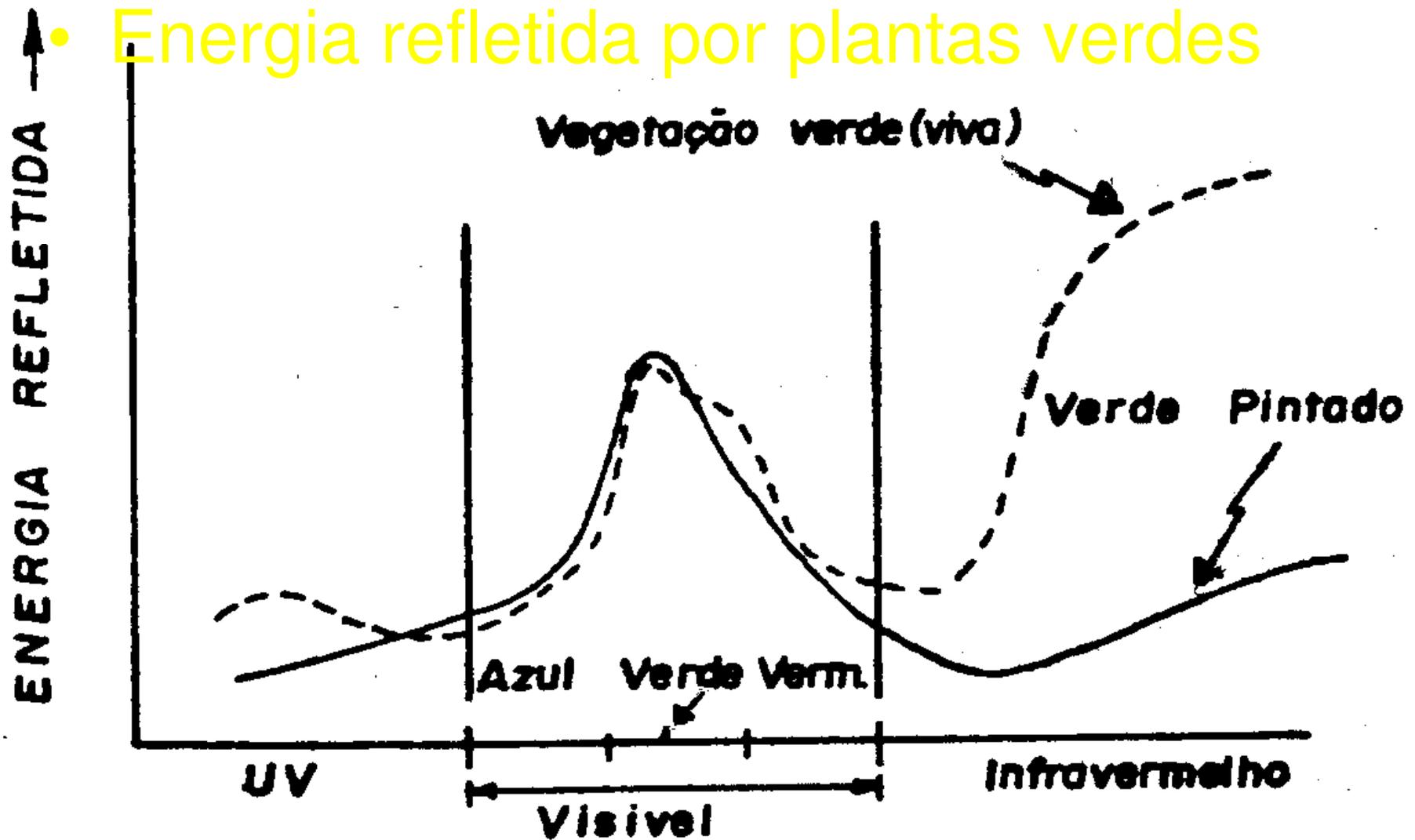
# COMPORTAMENTO ESPECTRAL DE ALVOS

- Energia refletida de um objeto azul

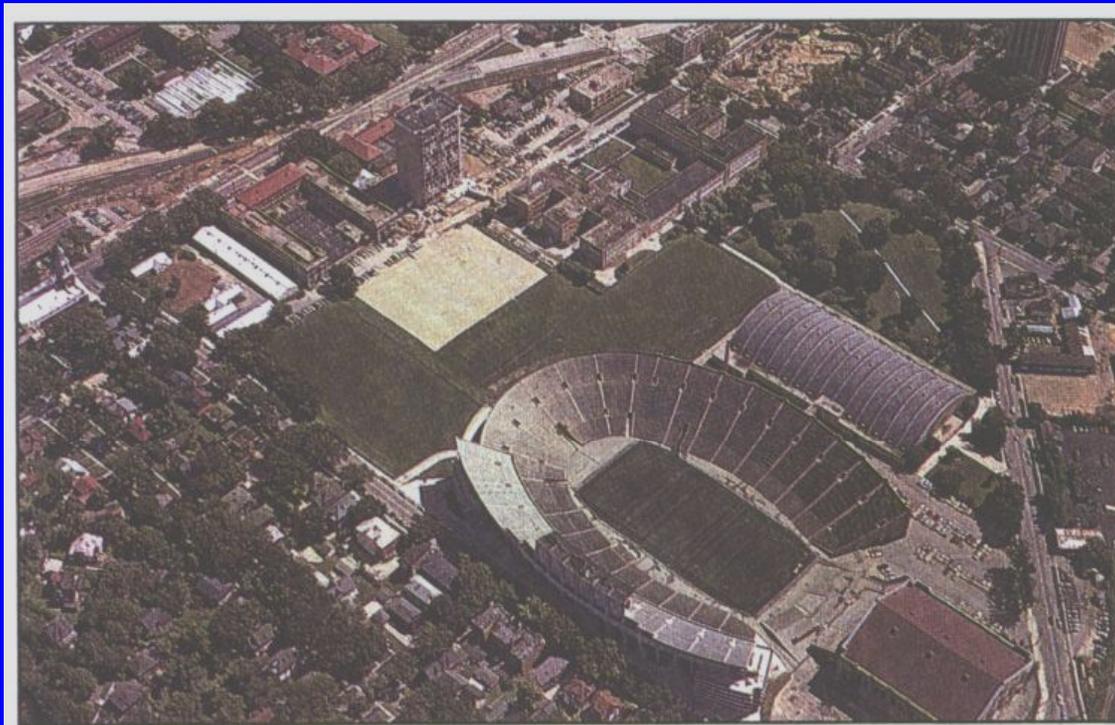


# COMPORTAMENTO ESPECTRAL DE ALVOS

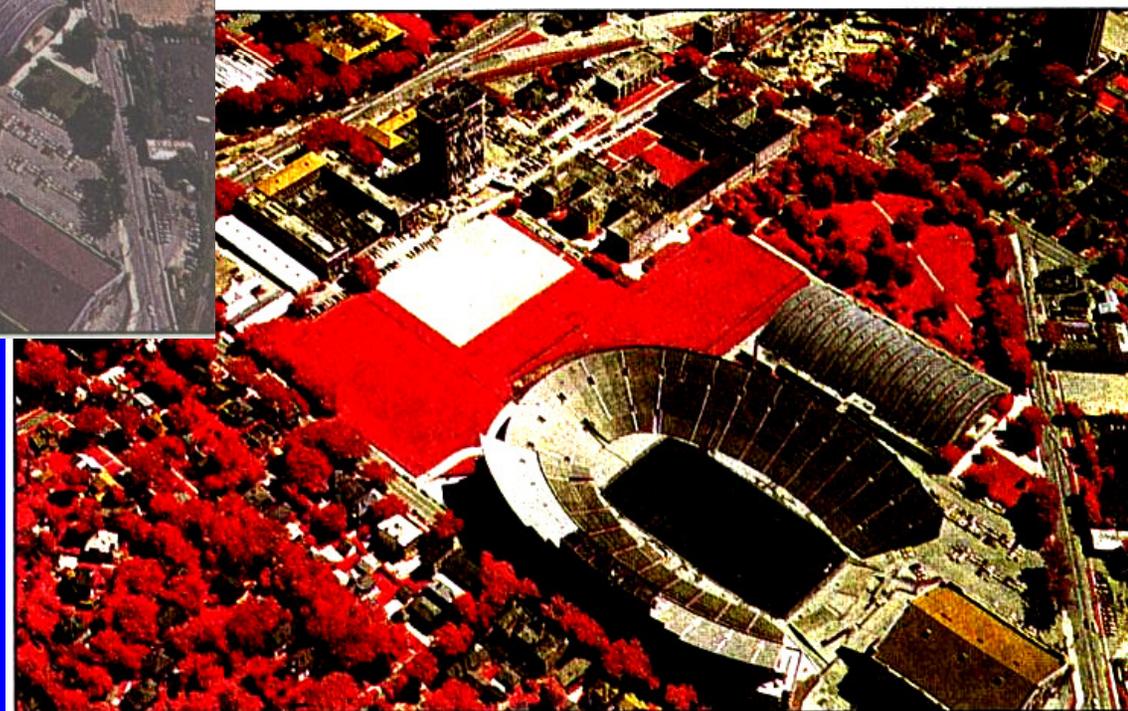
- Energia refletida por plantas verdes



# COMPORTAMENTO ESPECTRAL DE ALVOS



*Foto normal*



*Foto Infravermelho*

# COMPORTAMENTO ESPECTRAL DE ALVOS

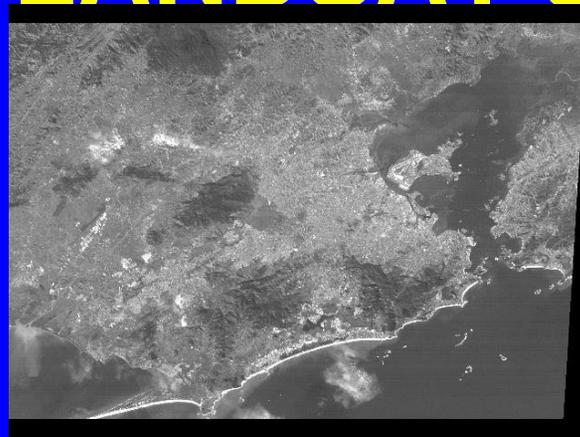
## Assinaturas espectrais ou Curvas de reflectância

- Ilustram a forma típica dos alvos refletirem a REM incidente neles
- Da uma idéia da reflexão dos alvos
- Previsão de como um alvo vai aparecer (BRILHO) na imagem.

# IMAGENS DO SATÉLITE LANDSAT 5



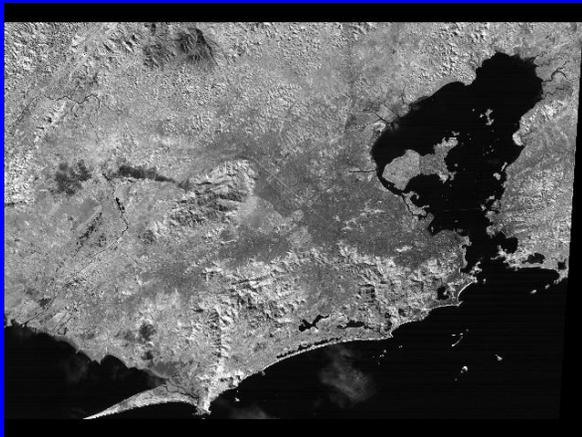
Banda 1



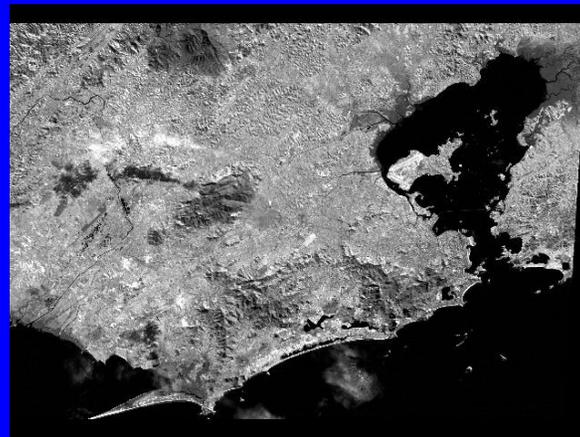
Banda 2



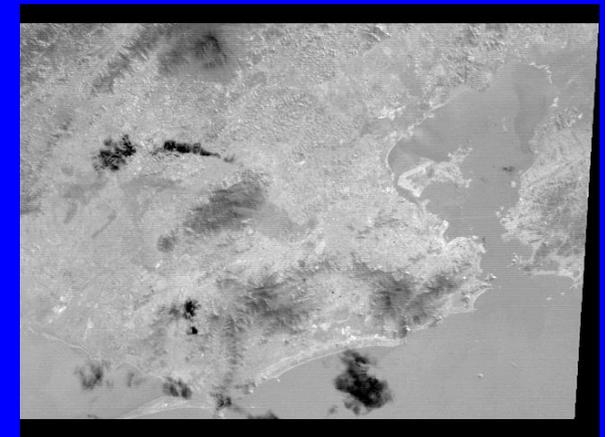
Banda 3



Banda 4



Banda 5



Banda 6

# Interações da REM com a atmosfera

- Sinal coletado do sensor = radiação proveniente do Sol que interage com a atmosfera até atingir o alvo e retorna ao sensor interagindo novamente com a atmosfera

# Manifestações dessa Interação:

- Atenua e modifica a REM refletida ou emitida pelo alvo (ex.: H<sub>2</sub>O no IV)
- Espalhamento atmosférico
- Modifica a distribuição espacial e espectral da REM no alvo

# Interações da REM

## REM-atmosfera

sinal coletado do sensor = radiação proveniente do Sol que interage com a atmosfera até atingir o alvo e retorna ao sensor interagindo novamente com a atmosfera

# Manifestações dessa Interação:

- **Atenua e modifica a REM refletida ou emitida pelo alvo (ex.: H<sub>2</sub>O no IV)**
- **Espalhamento atmosférico**
- **Modifica a distribuição espacial e espectral da REM no alvo**

# Processos de Atenuação

- **Absorção:** a REM é seletivamente absorvida pela atmosfera através de seus vários constituintes (ex.: ozônio, no visível)  $\Rightarrow$  janelas atmosféricas
- **Espalhamento:** a energia é modificada pela mudança de direção
  - a) **Espalhamento molecular (ou Rayleigh) =  $\lambda > d$**   
d = diâmetro da partícula  
esp  $\sim 1/\lambda^4$
  - b) **Espalhamento Mie:**  
 $\lambda \sim d$  esp  $\sim 1/\lambda^2$  ou  $1/\lambda$
  - c) **Espalhamento não-seletivo:**  
 $\lambda \ll d \Rightarrow$  todos os  $\lambda$ 's são espalhados igualmente

# REM - Superfície

- **Processo mais importante == REFLEXÃO:**
  - **especular (superfície lisa)**
  - **difusa (superfície rugosa)**
- **Depende:**
  - **rugosidade do terreno**
  - $\lambda$
  - **ângulo de incidência da radiação**

# *Interação entre radiação eletromagnética e matéria*



# *A energia na superfície terrestre*

- Refletida
  - Espalhada
    - Absorvida
      - Transmitida

# Interações com objetos e superfícies

A radiação que não é absorvida ou espalhada pela atmosfera pode atingir alvos e interagir com objetos na superfície.



**Interações com objetos:**

**I = Incidente**

**A = Absorção**

**T = Transmissão**

**R = Reflexão**

# *Fatores determinantes*

## A) Campo de radiação incidente

- ângulo de incidência da radiação
- comprimento de onda da radiação

## B) Natureza e composição da superfície

## C) Interface (Ex: rugosidade - comprimento de onda)

# *Importância*

- Extração de informações de imagens de S.R.
- Definição de novos sensores
- Definição do tipo de processamento
  - seleção de canais e filtros (composição colorida)
- Definição da forma de aquisição dos dados
  - geometria e frequência da coleta de dados
  - altura do imageamento
  - resolução limite

# *Fatores que interferem nas medidas do comportamento espectral dos alvos*

A) Método de aquisição dos dados

B) Geometria da aquisição dos dados

C) Parâmetros atmosféricos

D) Parâmetros relativos ao alvo

# *Método de aquisição de dados*



Influência significativa na reflectância do alvo



interferência de fatores ambientais



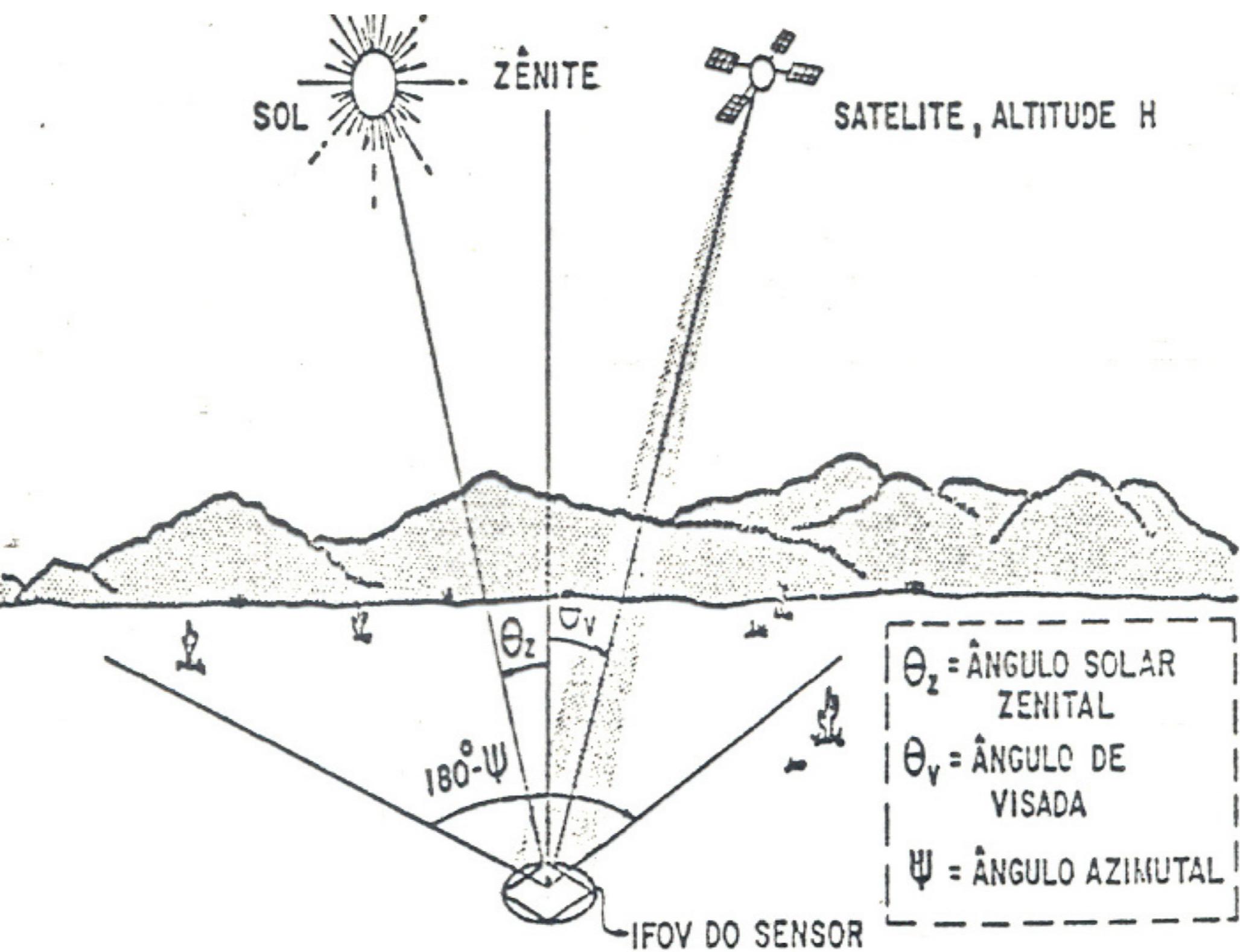
atmosféricos



objetos adjacentes



níveis: aeronave e orbital



# Geometria da aquisição de dados

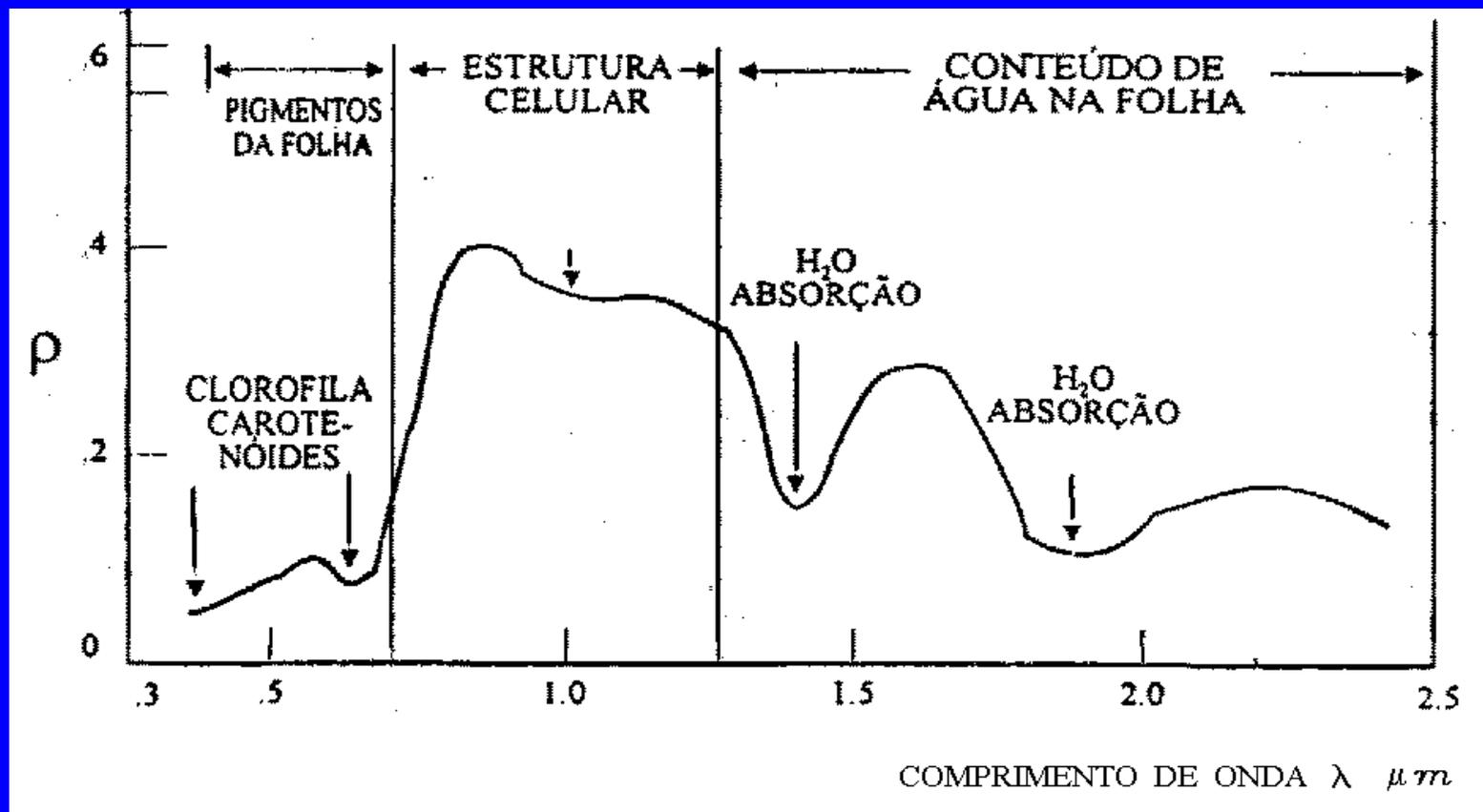
VARIÁVEL	EFEITO SOBRE AS MEDIDAS DE REFLECTÂNCIA
$\theta_z$	<b>aumento de <math>\theta_z</math></b> - diminuição da porcentagem de energia refletida pela superfície.
$\theta_v$	<b>aumento de <math>\theta_v</math></b> - redução do contraste entre os alvos.
<b>ângulo azimutal do sol e do sensor</b>	altera a distribuição de energia na superfície do alvo no caso de culturas plantadas em linha e de falhamentos geológicos.
<b>altitude do sensor</b>	<b>aumento de H</b> - aumento da interferência da radiação da atmosfera na medida da reflectância do alvo.

# *Parâmetros atmosféricos*

- espalhamento atmosférico
  - afeta a direção da radiação visível
- absorção atmosférica
  - pequena nas janelas atmosféricas
- refração
  - radiação atravessa uma atmosfera estratificada
  - problemática quando atmosfera turbulenta

# Vegetação

- Assinatura espectral da vegetação



INTERAÇÕES ENTRE A VEGETAÇÃO  
E OS COMPRIMENTOS DE ONDA  
VISÍVEL, I. V. PRÓXIMO E I. V. MÉDIO

Pigmentação  
(alta absorção) → Visível  
(0,4 - 0,6  $\mu\text{m}$ ) → Clorofila  
(fotossíntese)

Estrutura fisiológica  
(alta reflectância) → I.V. próximo  
(0,6 - 1,3  $\mu\text{m}$ ) → Descontinuidades  
estruturais

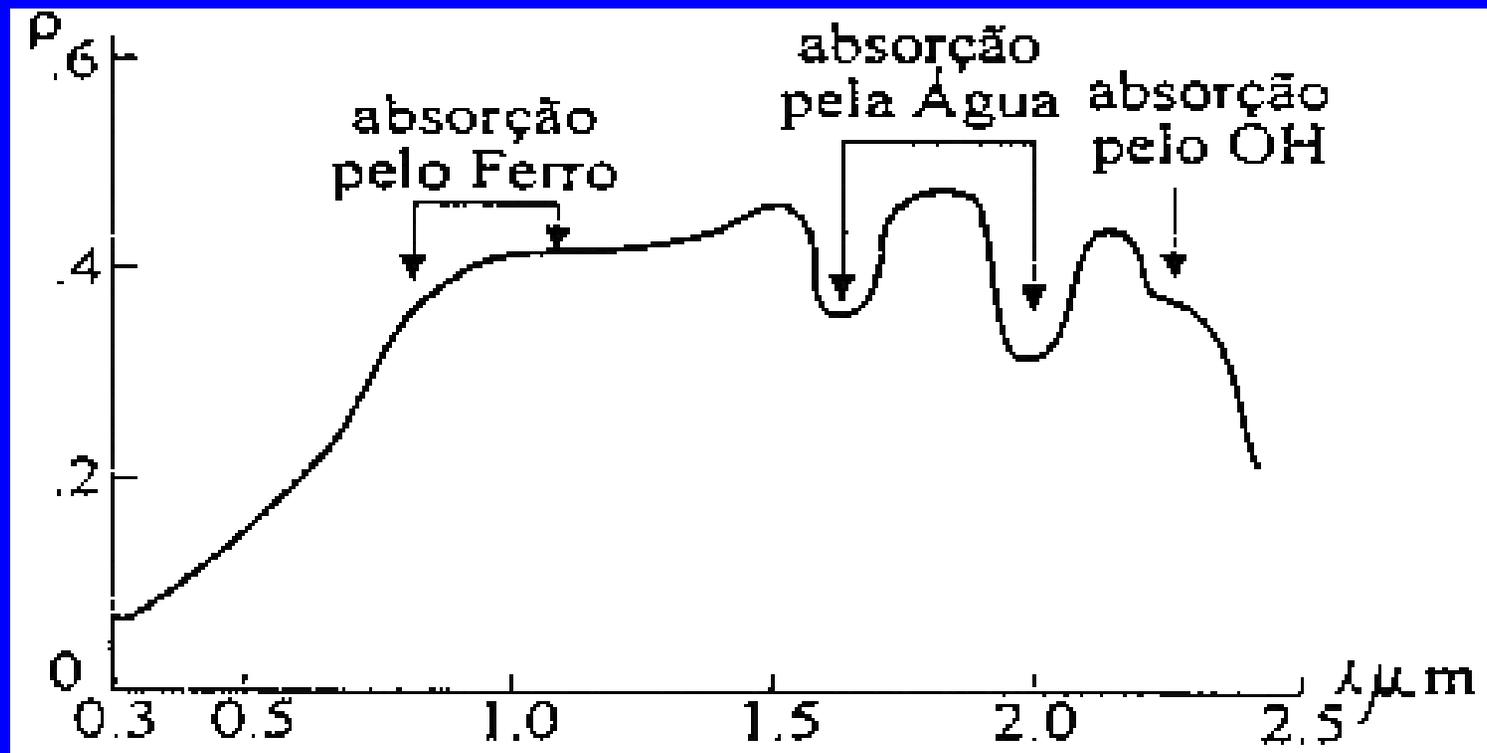
Teor de água  
(alta absorção) → I.V.P. a médio  
(0,6 - 2,5  $\mu\text{m}$ ) → Absorção maior  
que reflectância

Envelhecimento → Azul e vermelho → Aumento da  
reflectância

*Solo subjacente, elevação do sol e do sensor, ângulo azimutal do sol  
e do sensor, geometria da cobertura vegetal, etc.*

# Solos

- Assinatura Espectral de solos variam bastante



teor

INTERAÇÕES ENTRE O SOLO  
E OS COMPRIMENTOS DE ONDA  
VISÍVEL, I. V. PRÓXIMO E I. V. MÉDIO

Teor de umidade, textura e estrutura → Visível I.V.P. I.V.M. → Ex: solo arenoso estrut. fraca, superfície lisa, alto teor de umidade, baixa reflectância

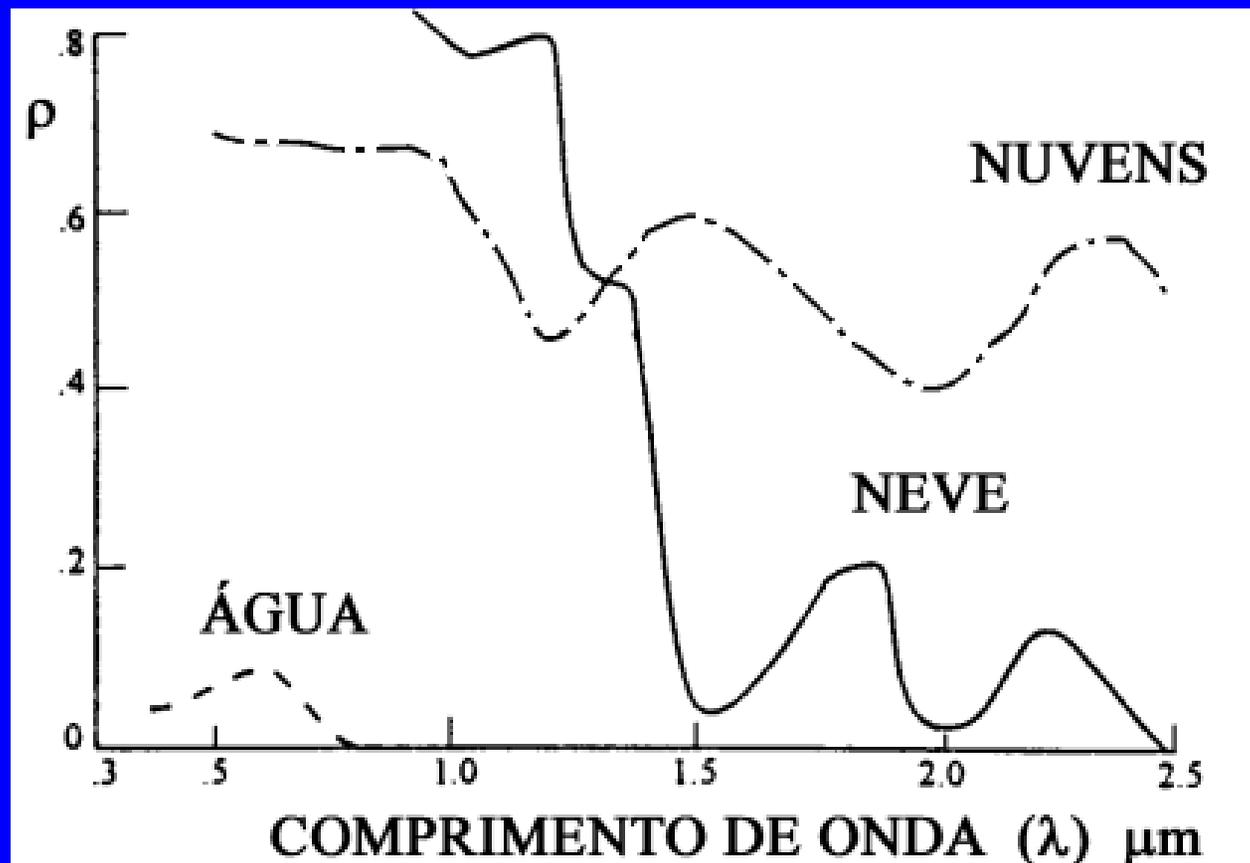
Matéria orgânica → Visível I.V.P. → Teores altos provocam redução da reflectância do solo

Óxido de Ferro → Visível (0,5 - 0,7  $\mu\text{m}$ ) → Reflete luz vermelha Absorve luz verde (localização de jazidas)

Obs: a maior parte da energia incidente sobre o solo é refletida ou absorvida e uma pequena quantidade é transmitida.

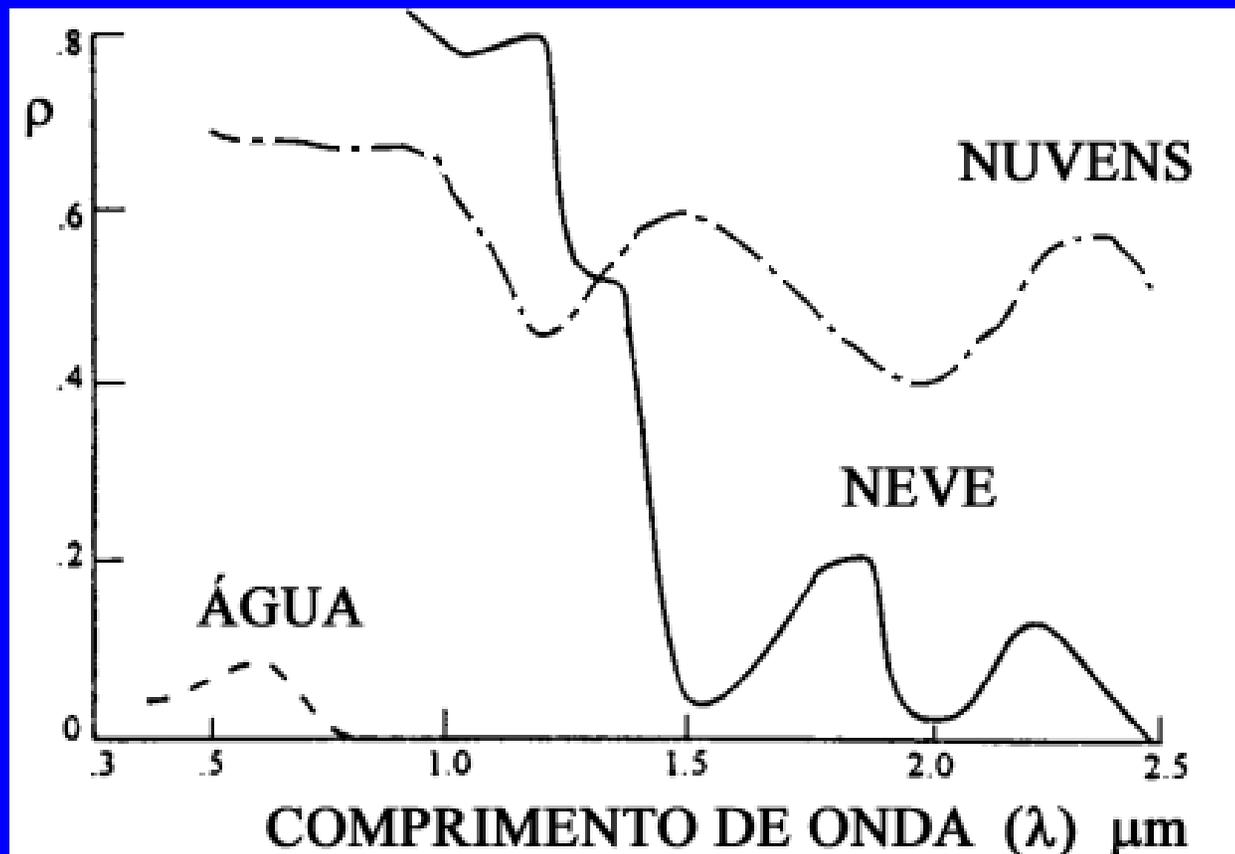
# Água

- Comportamento espectral depende do estado físico



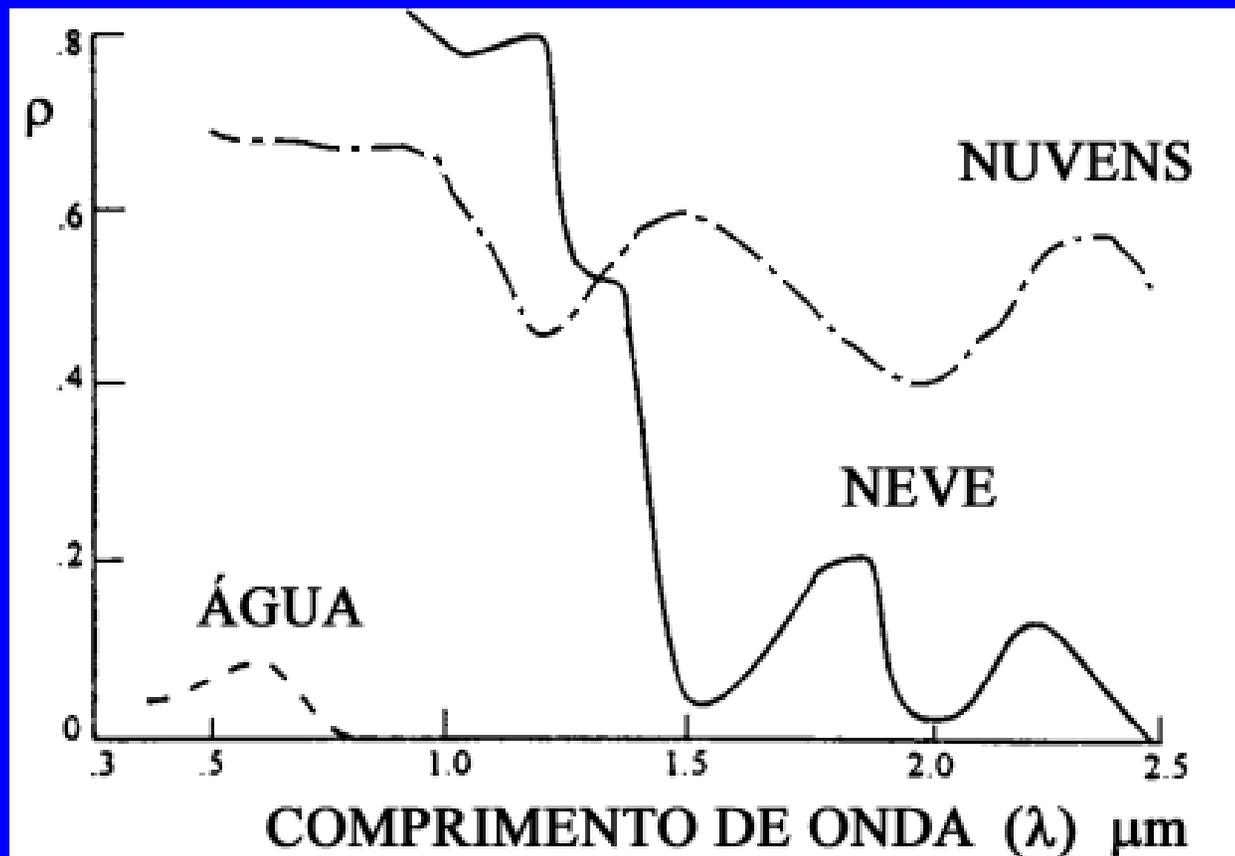
# Água

Líquida (0,38 a 0,7  $\mu\text{m}$ ) = baixa reflectância. Acima de 0,7  $\mu\text{m}$  água absorve toda REM



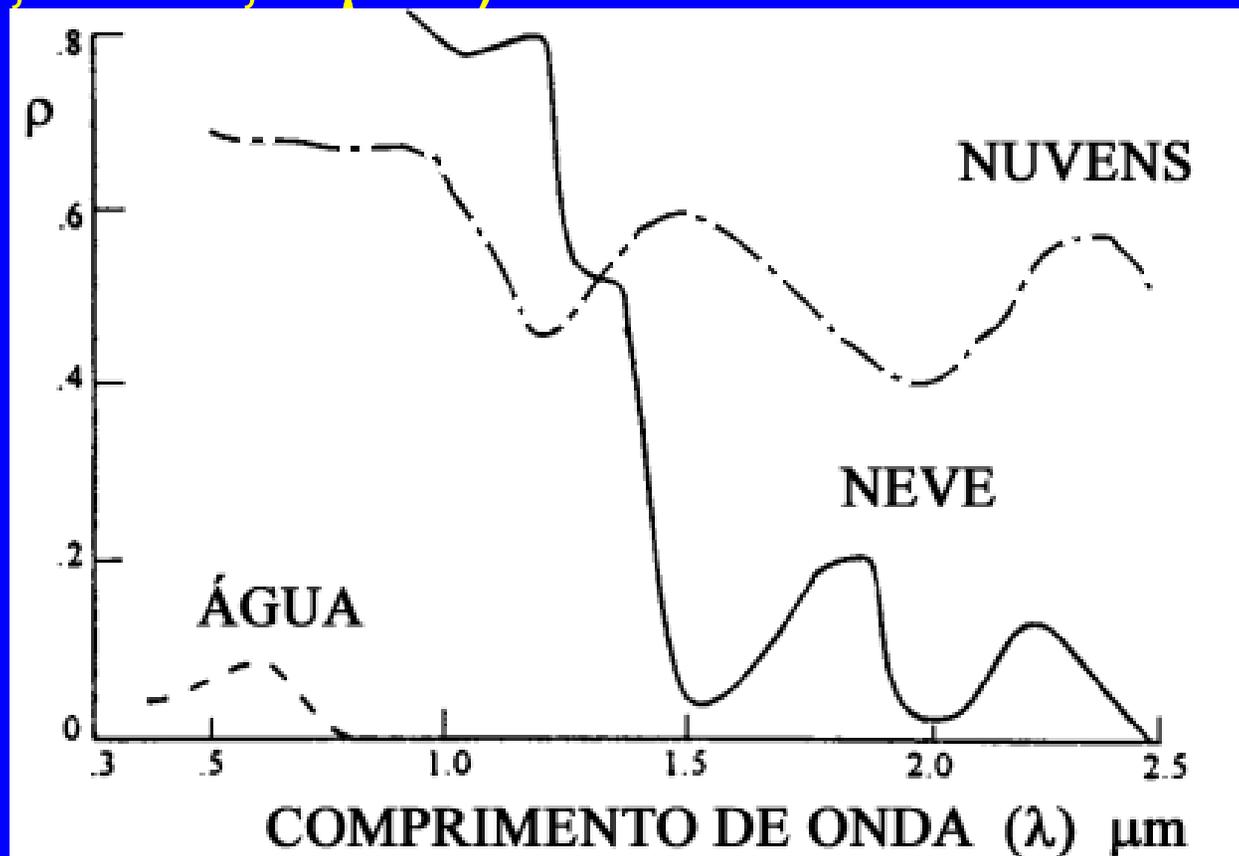
# Água

Nuvens (0,38 a 2,5  $\mu\text{m}$ ) altíssima reflectância



# Água

Neve (0,7 a 1,2  $\mu\text{m}$ ) = alta reflectância  
(0,7 a 1,2  $\mu\text{m}$ ) decréscimo rápido  
(1,4 a 2,0  $\mu\text{m}$ ) baixa reflectância



INTERAÇÕES ENTRE A ÁGUA  
E OS COMPRIMENTOS DE ONDA  
VISÍVEL, I. V. PRÓXIMO E I. V. MÉDIO

Profundidade da água → Visível I.V.P. → Quanto mais profundo menor a reflexão

Materiais suspensos (argila, húmus) → Visível I.V.P. → Reflectância e cor da água

Rugosidade → Visível I.V.P. → Superfície rugosa: alta reflectância

Estado físico → Visível I.V.P. I.V.M. → Figuras

Obs: a maior parte do fluxo radiante incidente sobre a água, não é refletido, mas sim absorvido ou transmitido.

INTERAÇÕES ENTRE A SUPERFÍCIE  
DA TERRA E OS COMPRIMENTOS  
DE ONDA DO I. V. TERMAL

Infravermelho Termal (3,0 - 5,0  $\mu\text{m}$ )

Mede a temperatura irradiante do objeto



Depende

- Emissividade: capacidade de absorção e irradiação de calor
  - Temperatura cinética: diretamente medida (termômetro)
    - Propriedades termais: distribuição do calor em um objeto
      - Taxa de aquecimento: capacidade de absorção de calor

INTERAÇÕES ENTRE A VEGETAÇÃO  
E OS COMPRIMENTOS DE ONDA  
DO I. V. TERMAL

# VEGETAÇÃO

Absorção no visível

Re-emissão I.V.T.

irradiação controlada por 4 fatores

irradiação  
do solo

Ângulo  
do sensor

Cobertura  
vegetal

Teor de  
umidade

$$T_i = T_s + T_f$$

Sensor vertical  
alta  $T_i$   
(solo + vegetação)

Determina a  
emissividade  
folhas úmidas  $> E$

$T_i$  = temperatura de irradiância;  
 $T_f$  = temperatura da folhagem;

$T_s$  = temperatura do solo;  
 $E$  = emissividade;

INTERAÇÕES ENTRE O SOLO

E O I. V. TERMAL

E ENTRE A ÁGUA

E O I. V. TERMAL

## *Temperatura de irradiância do solo*

Teor de umidade



Ex: solos úmidos  
frios de dia  
quentes à noite

## *Temperatura de irradiância da água*

Propriedades termais



Baixa de dia  
Elevada à noite

INTERAÇÕES ENTRE  
A SUPERFÍCIE DA TERRA  
E AS MICROONDAS

# Rugosidade da superfície



Condutibilidade  
da superfície



Alta  
reflectância



Teor de umidade  
das plantas e do solo



Propriedades  
elétricas



INTERAÇÕES ENTRE  
A VEGETAÇÃO  
E AS MICROONDAS

# Rugosidade

Depende do tamanho,  
forma, orientação  
e quantidade de folhas

Comprimento de onda  
ângulo de incidência  
polarização

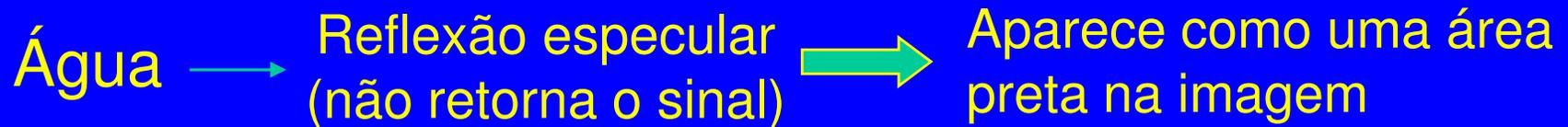
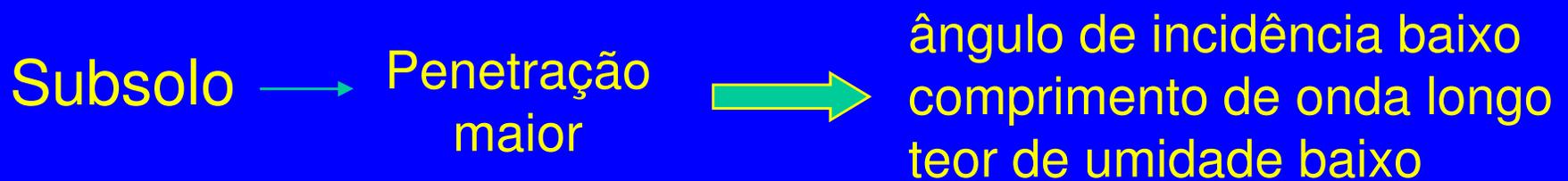
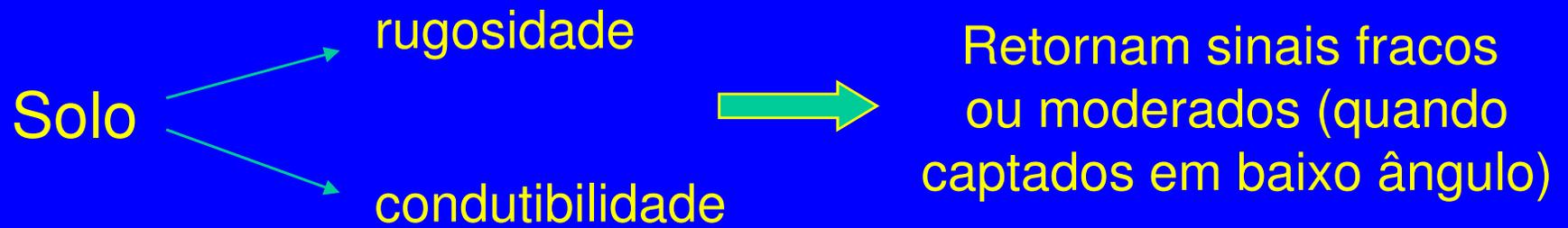
É evidente em imagens  
de comprimento de  
onda baixo

Geradas e captadas  
em altos ângulos de  
incidência

# Condutibilidade

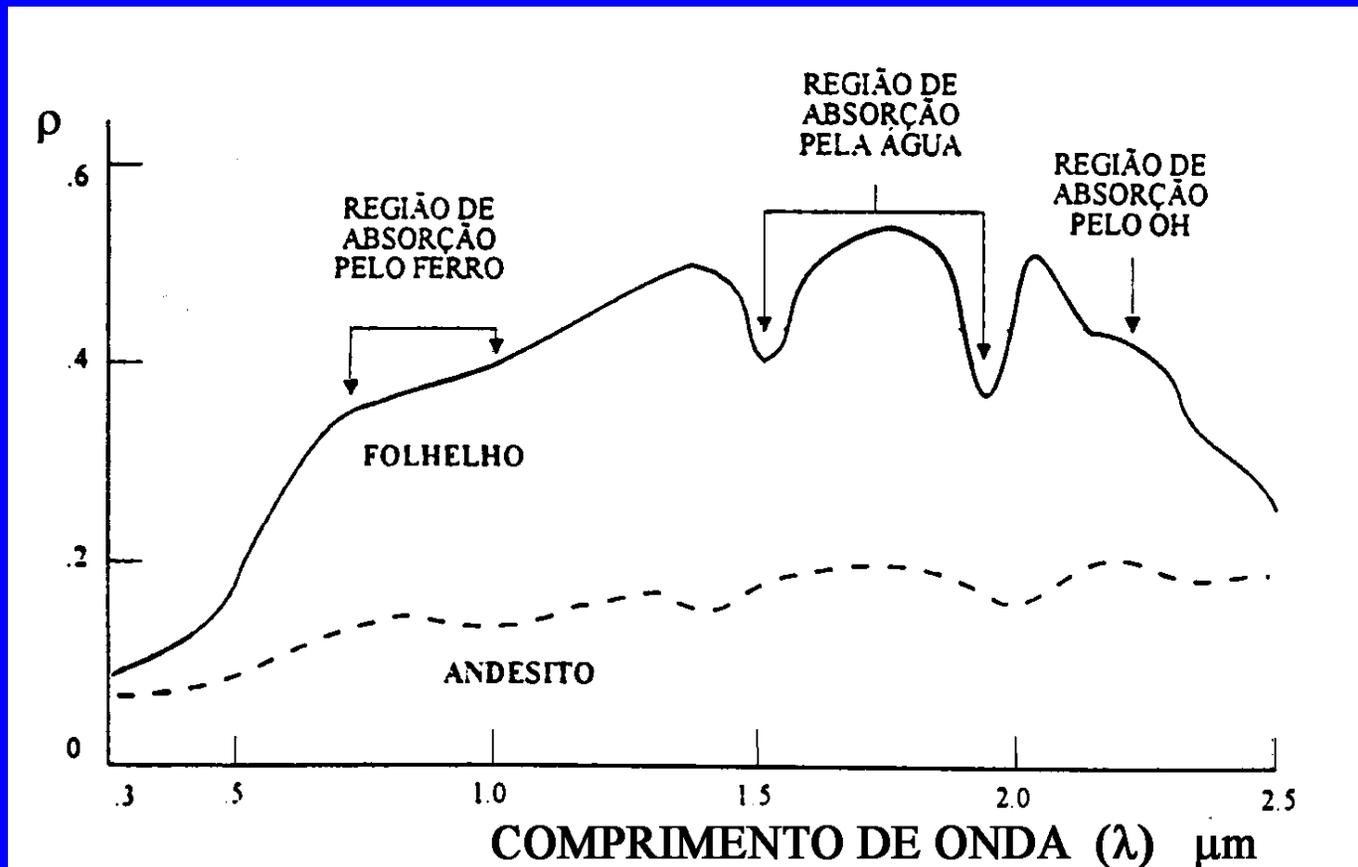
Normalmente alta, varia com o teor de umidade  
nas plantas e no solo

INTERAÇÕES ENTRE O SOLO  
E AS MICROONDAS  
E ENTRE A ÁGUA  
E AS MICROONDAS



# Rochas e minerais

- Folhelhos e Andesitos
  - 3 regiões distintas



# Superfícies construídas ou urbanizadas

Concreto até  $0,6 \mu\text{m}$  = baixa reflectância

( $0,6$  a  $1,3 \mu\text{m}$ ) = alta reflectância

Asfalto é semelhante ao concreto, porém níveis mais baixos

