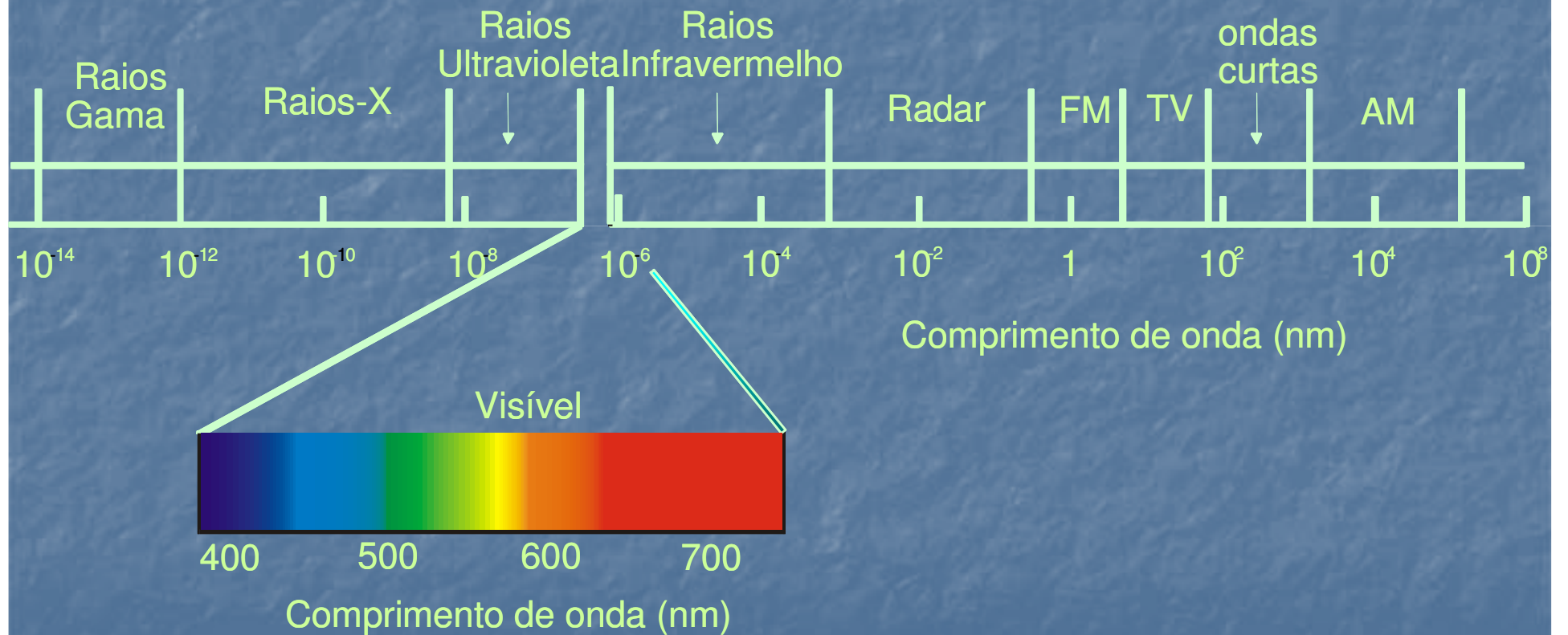


# Reflectância

Propriedade física do alvo de refletir a radiação eletromagnética (REM) após a interação (radiação nas faixas do óptico).

- Visível – faixas do azul, verde e vermelho
- Não visível – infravermelho próximo e médio

# Espectro Eletromagnético

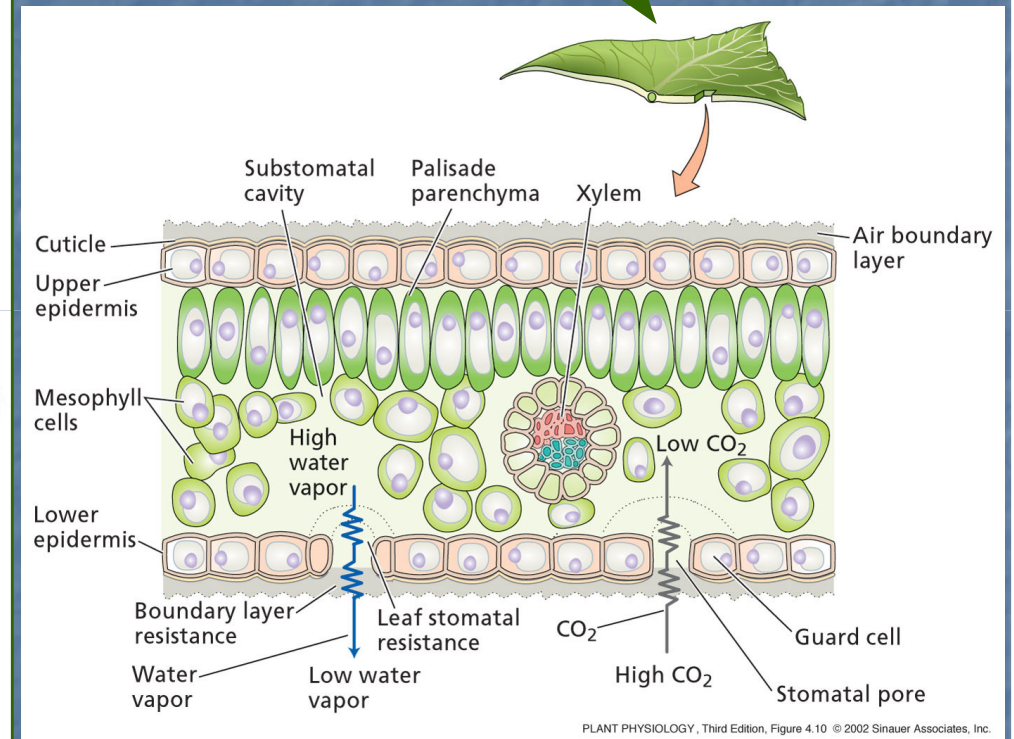
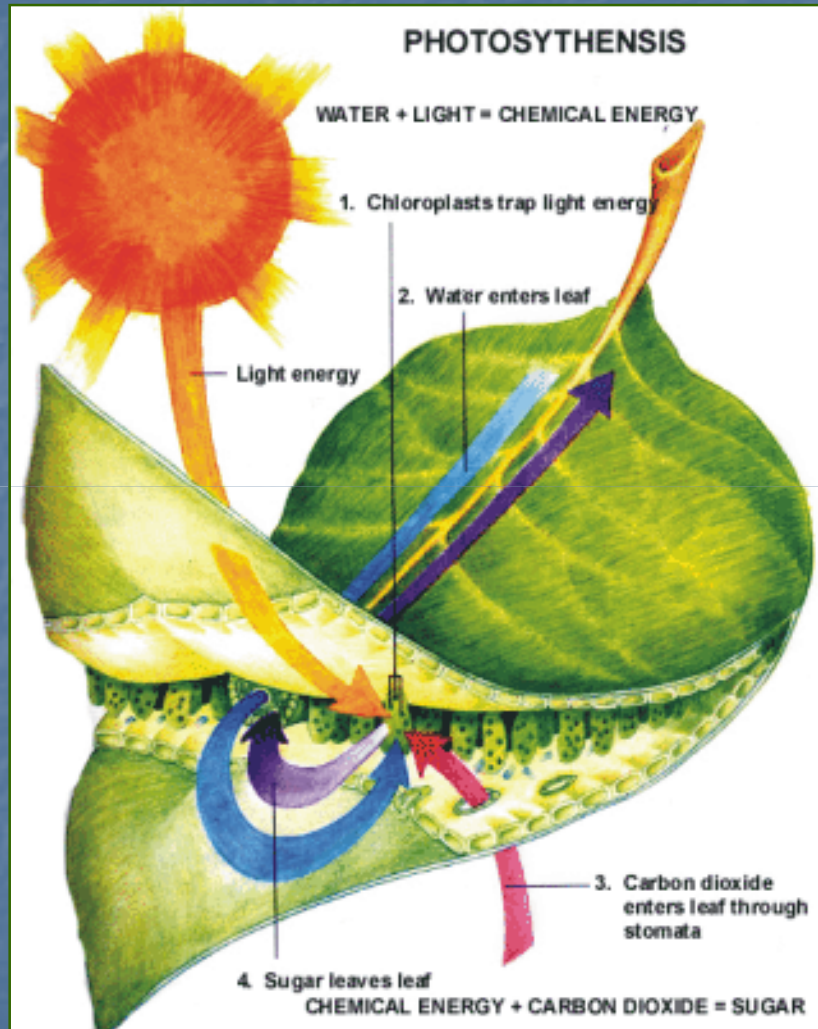


# Radiometria e Imagens de Satélite

- **Radiometria**: registro da interação da REM\* com cada material ou alvo, na forma de curvas = assinatura espectral
- **Imagens de Satélite**: registro das assinaturas espectrais dos materiais ou alvos da superfície da Terra, na forma de imagens

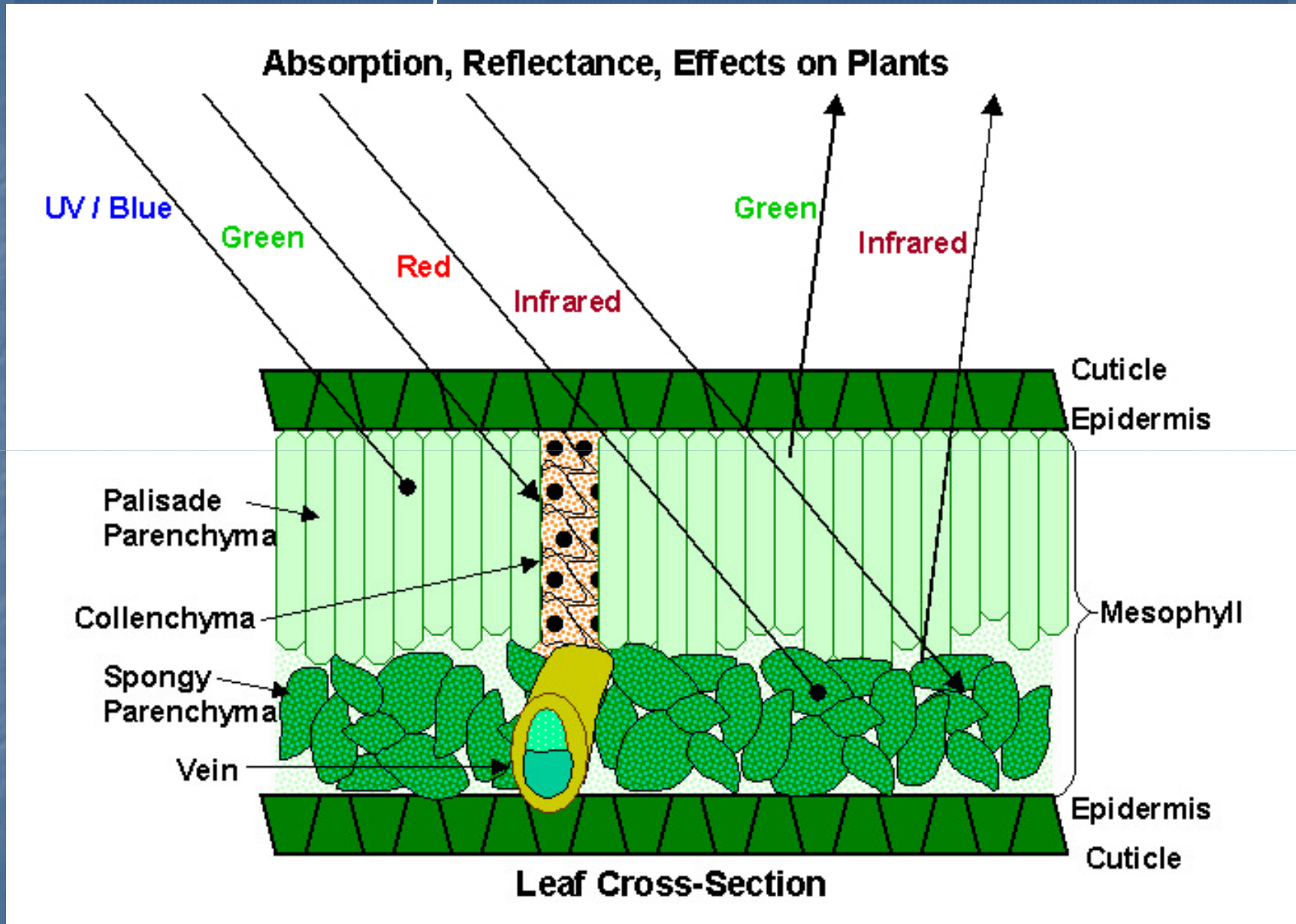
\* REM = radiação eletromagnética

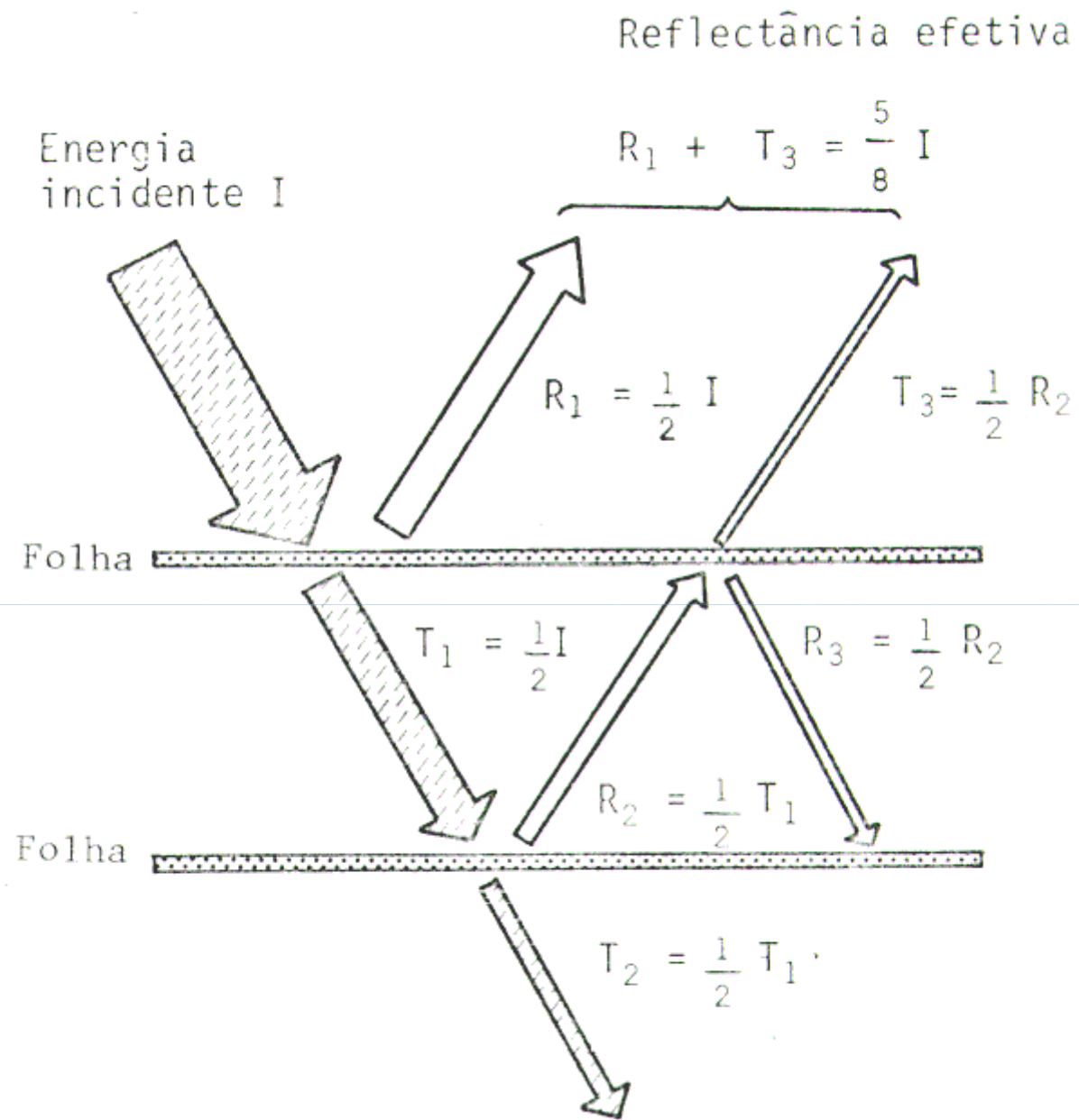
# Interação da REM com o mesofilo



<http://www.caribbeanedu.com/kew1/science/science04d.asp>

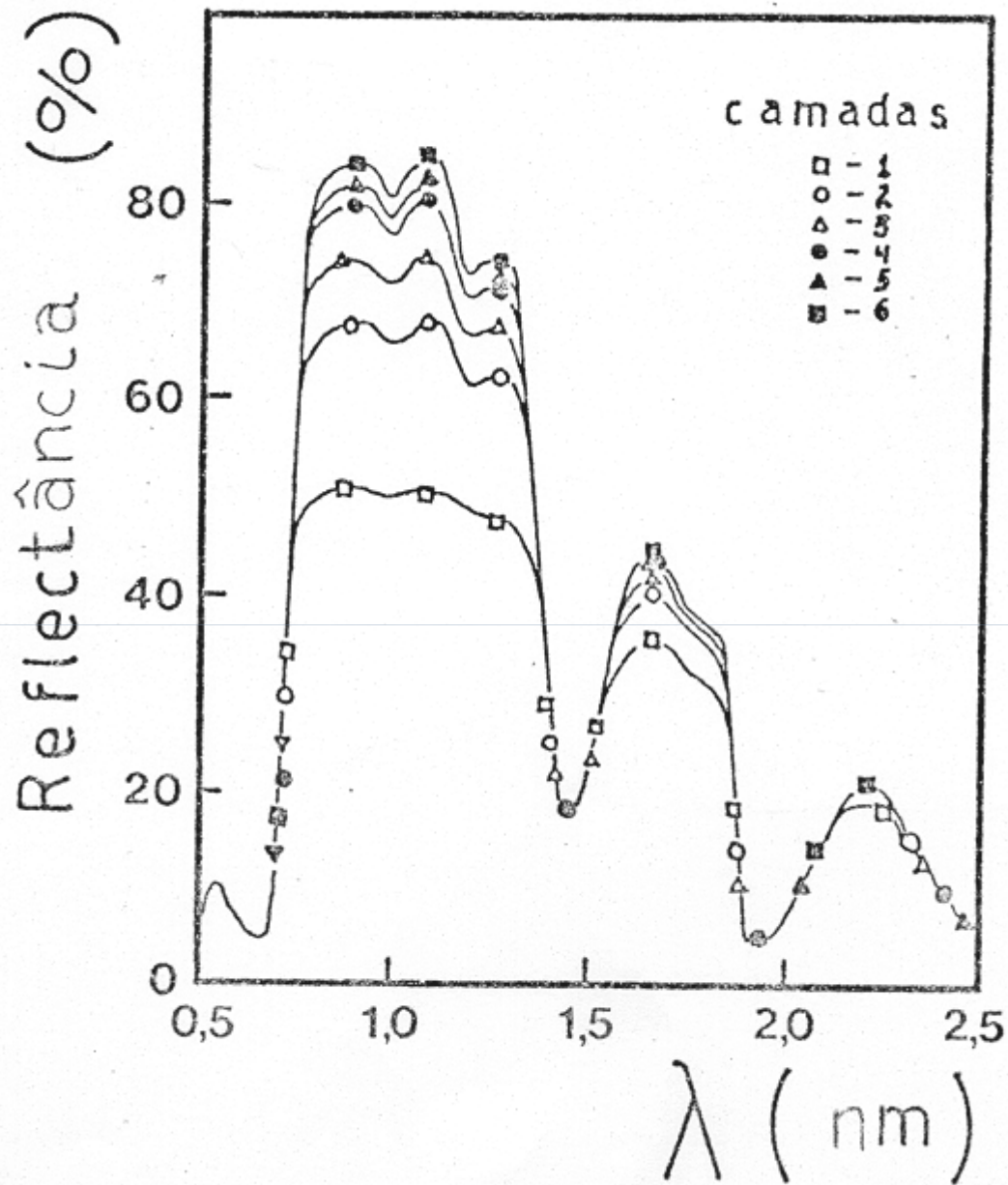
# Interação da REM com o mesofilo





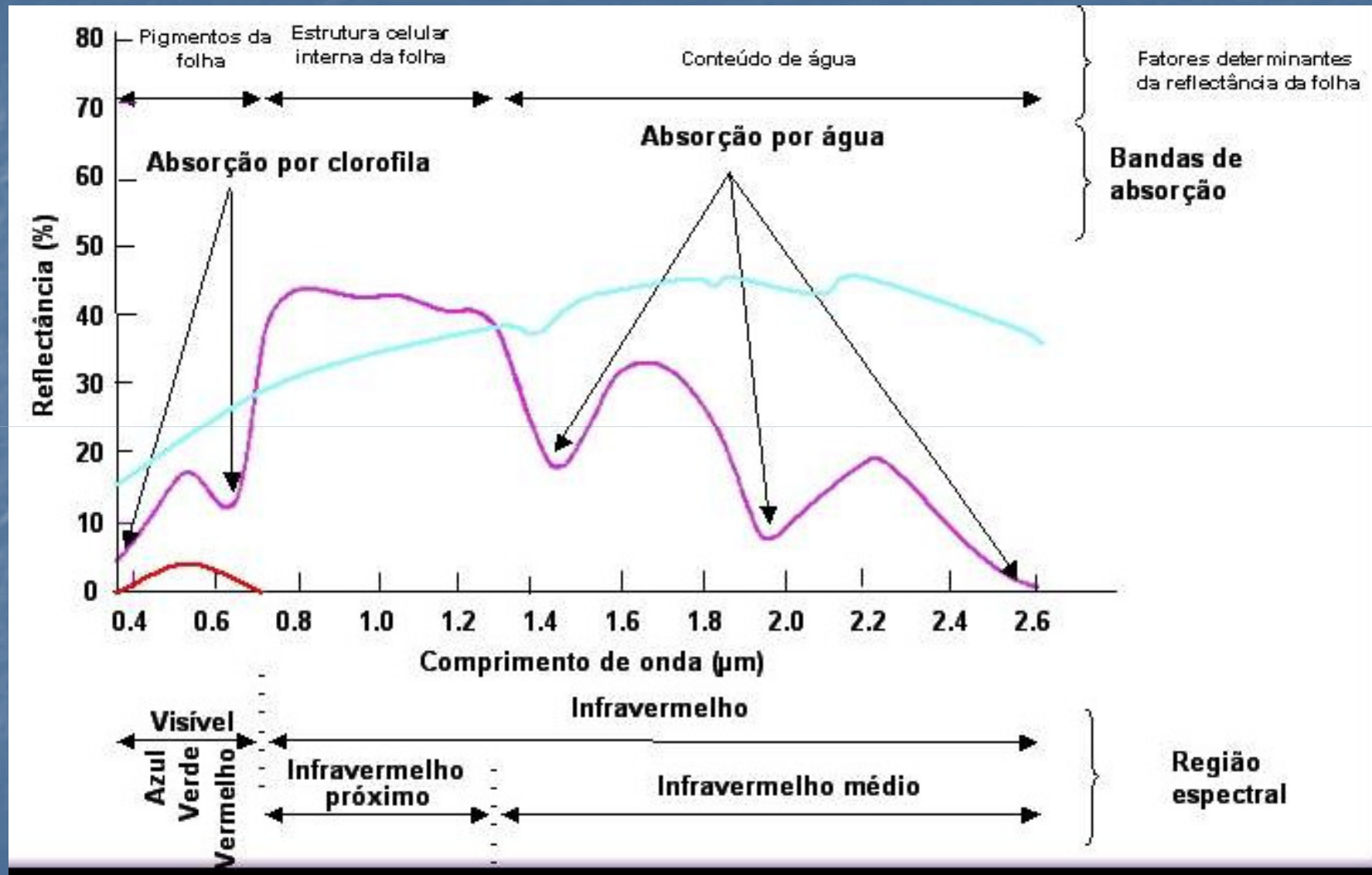
Padrão de reflectância para o Infravermelho próximo

Retroespelhamento causado pela diferença no coeficiente de refração entre os espaços intercelulares e os espaços aéreos.



Comportamento  
Espectral de  
diferentes camadas de  
Folhas, no óptico

# Assinaturas espectrais

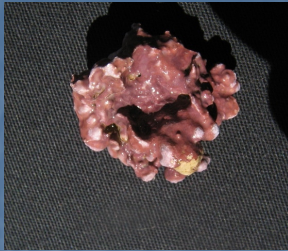








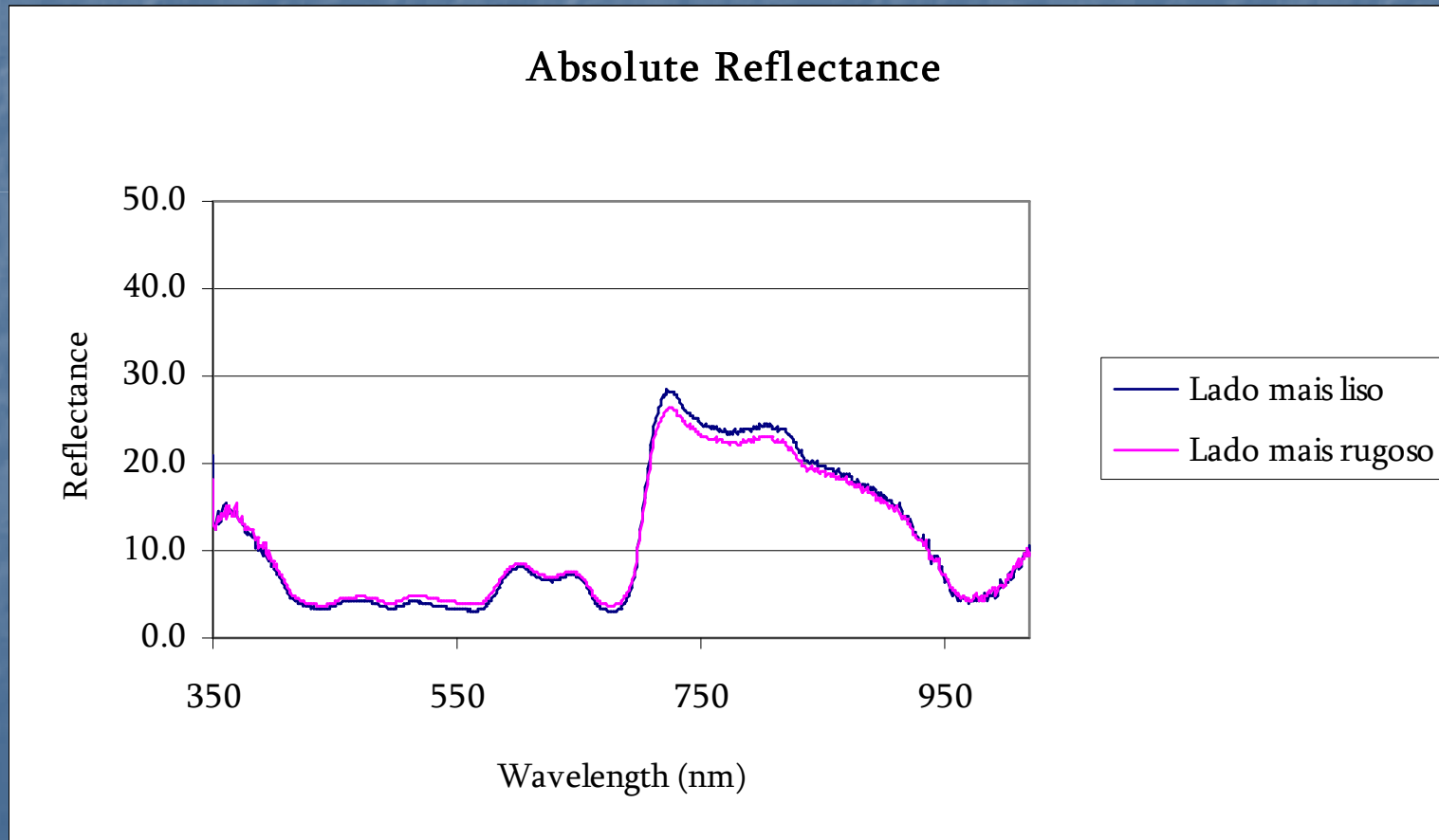
1.1 – Lado mais liso



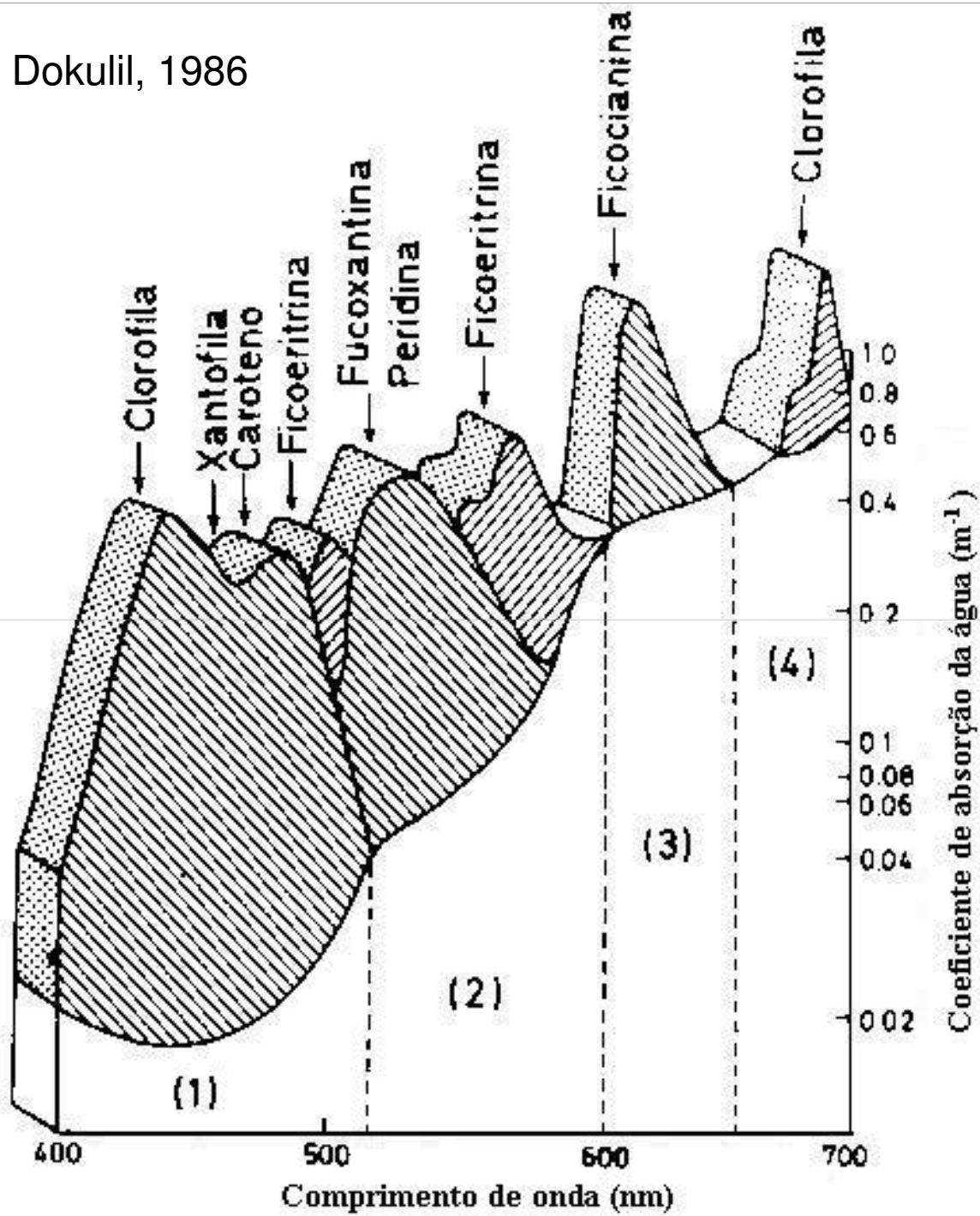
1.2 – Lado mais rugoso:



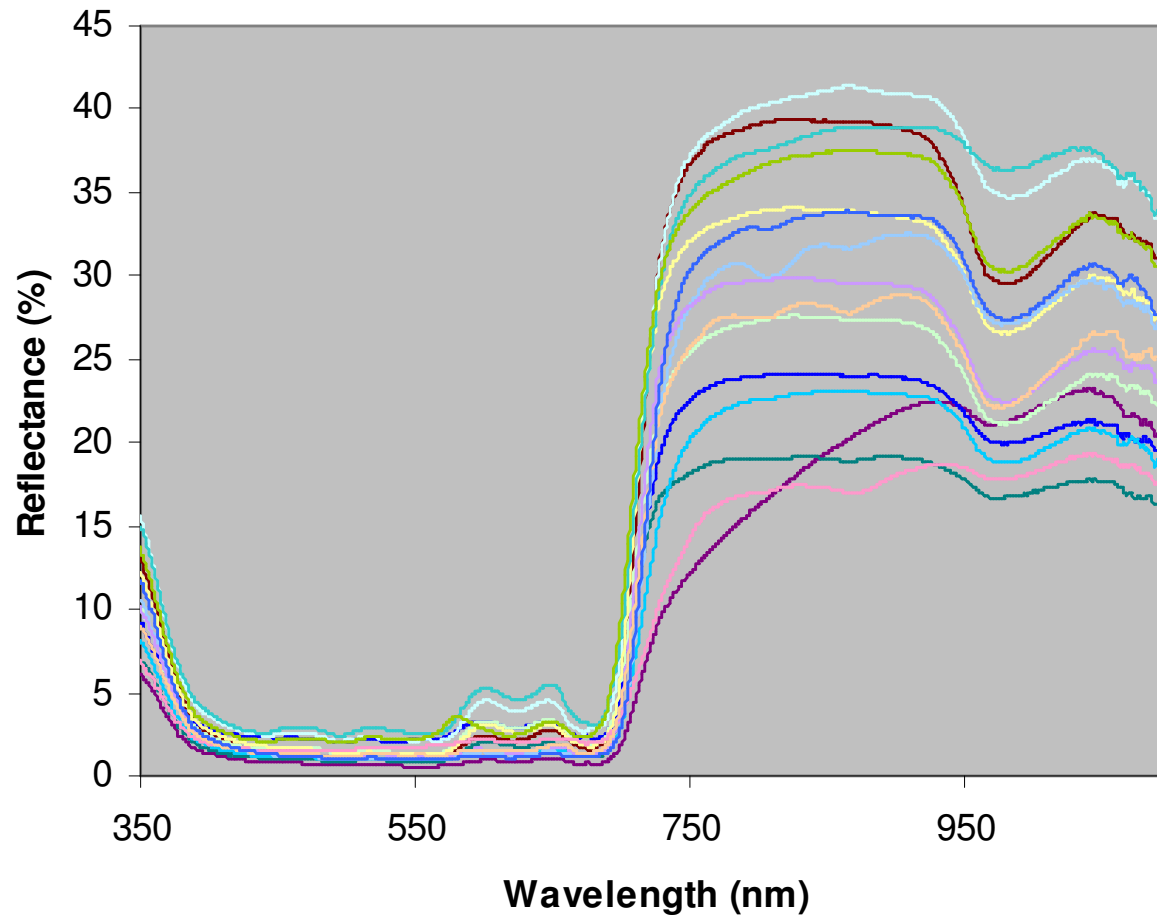
## Assinatura espectral Alga vermelha (Rodofíceia)



Dokulil, 1986

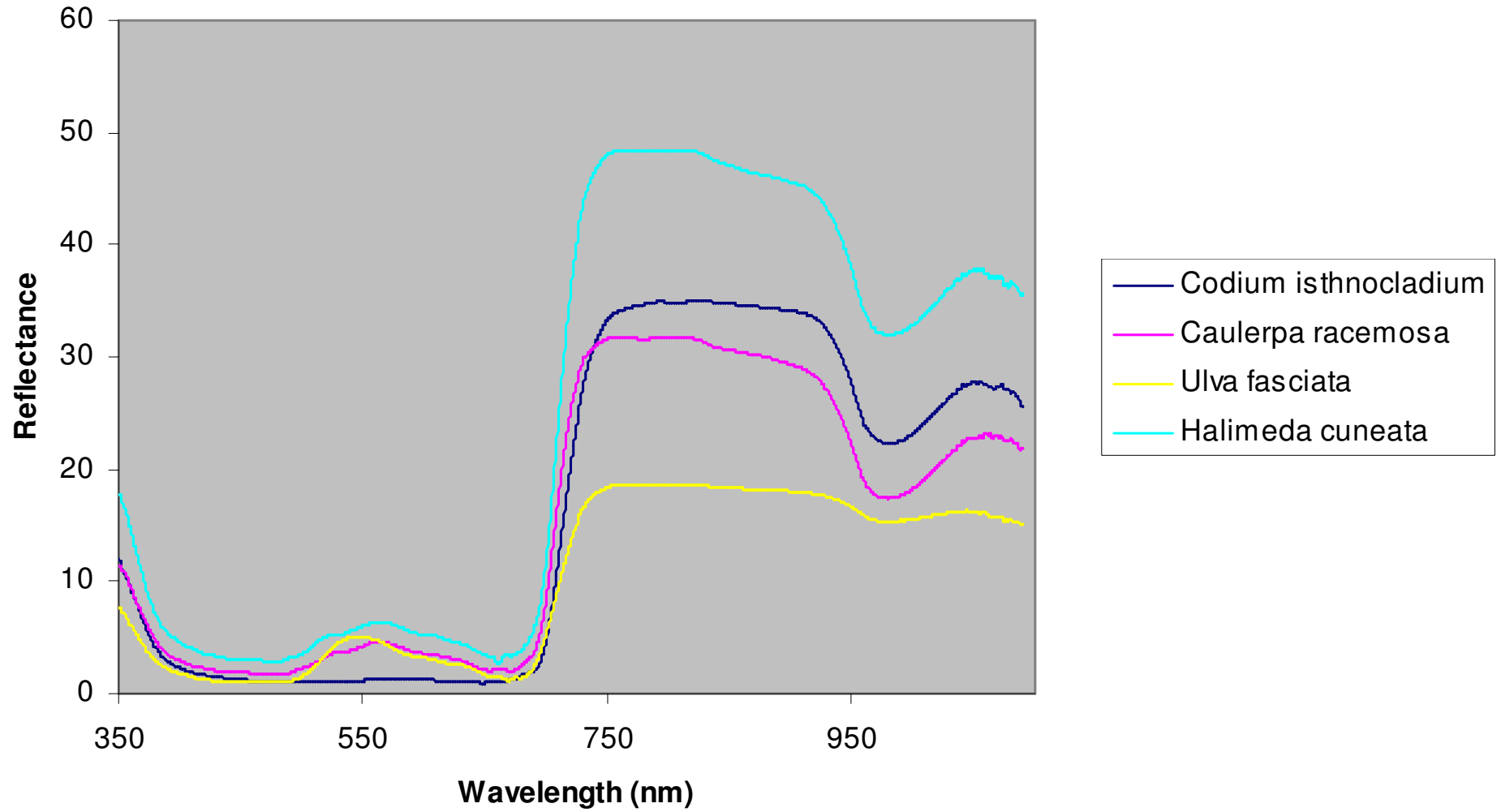


## Red algae

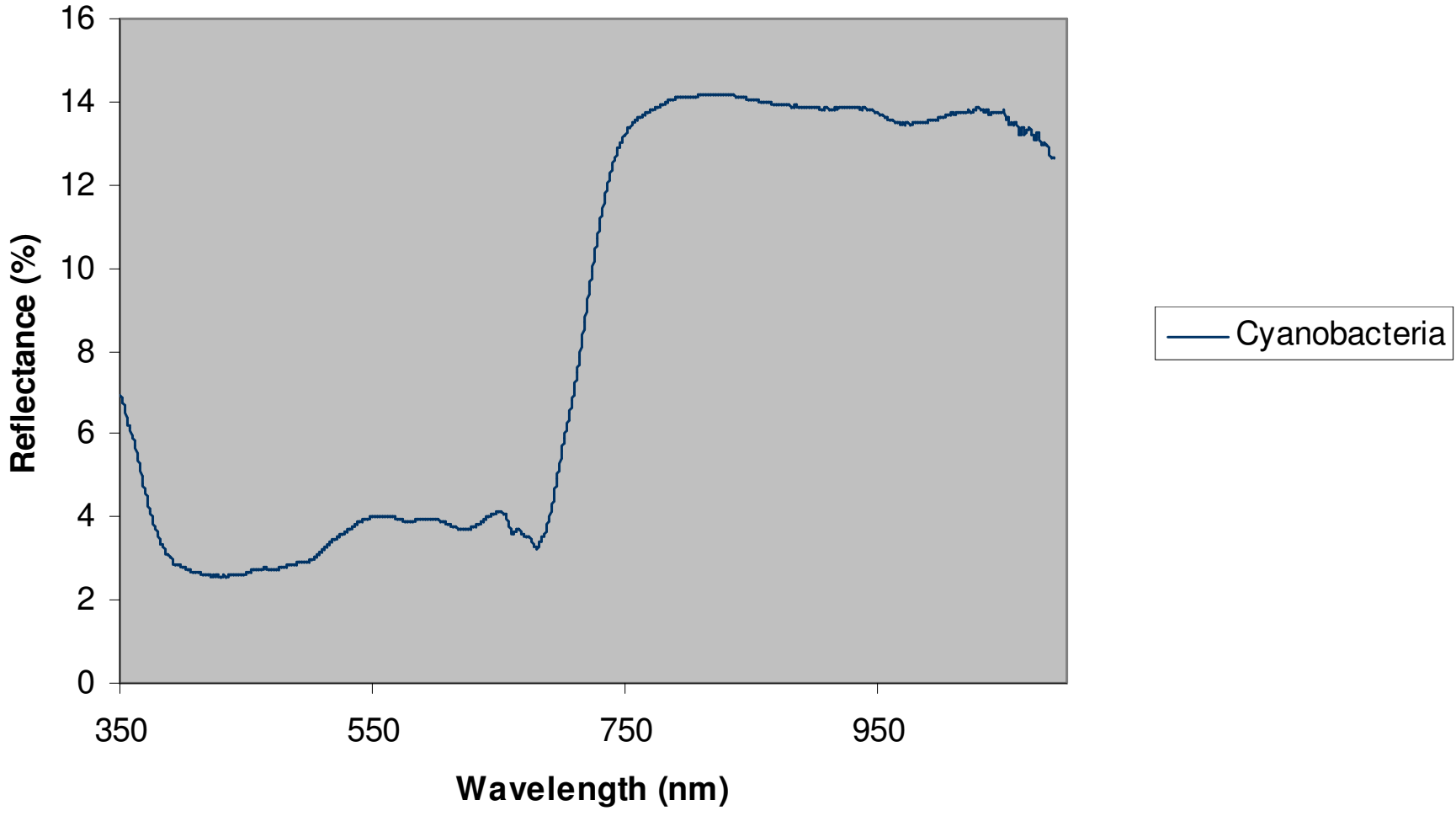


- Osmundaria
- Gracilaria caudata
- Spyridia
- Gracilaria mamilaris
- Centroceras clavulatum
- Dichotomaria marginata
- Dichotomaria oblongata
- Solieria
- Gimnogongrus grifithise
- Bostrychia radicans
- Gracilaria domingensis
- Chondrophyucus papillosus
- Hypnea musciformis
- Coraline algae (probably Jania)
- Laurencia filiformis

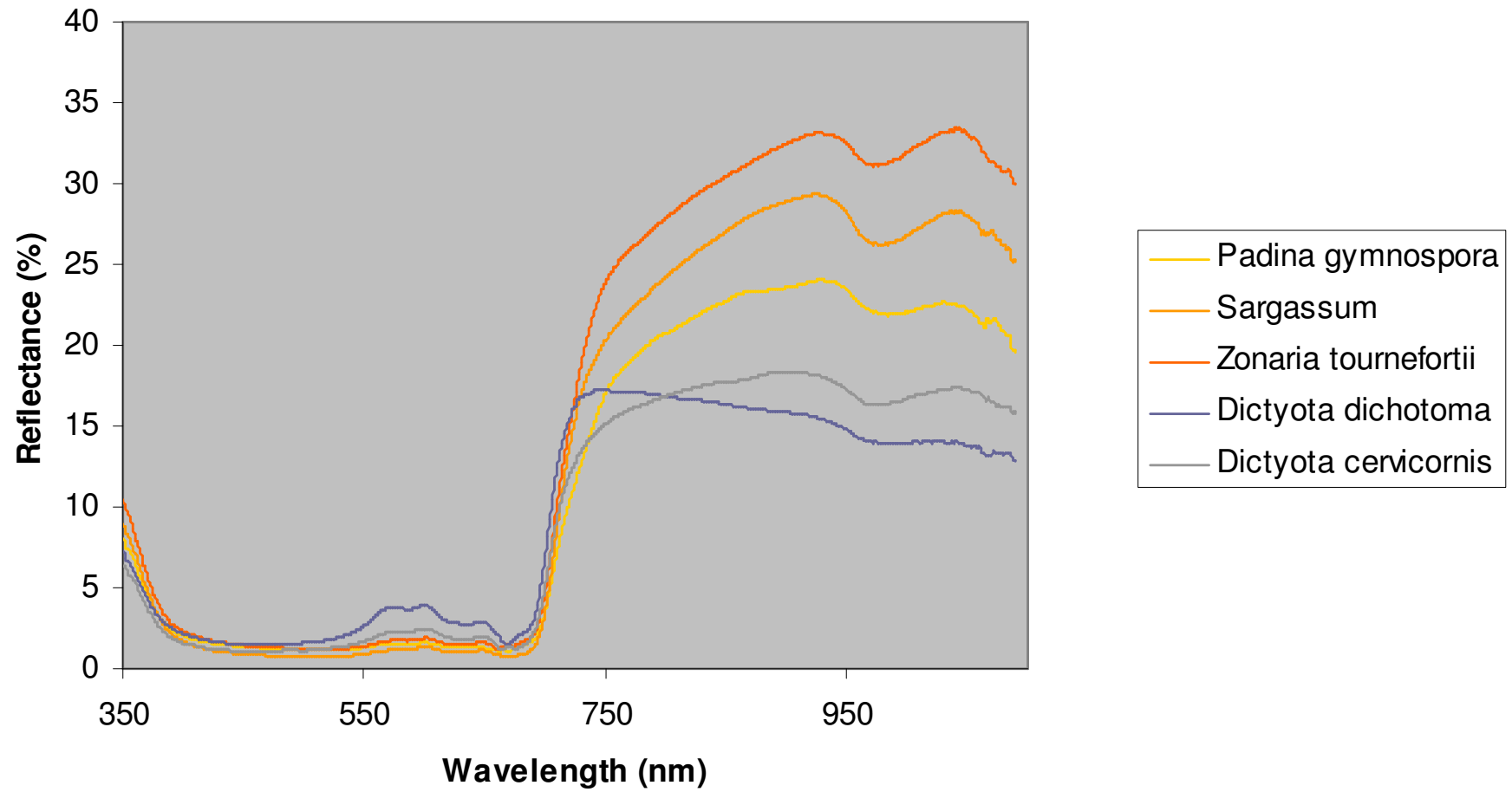
## Green algae



# Blue green alga

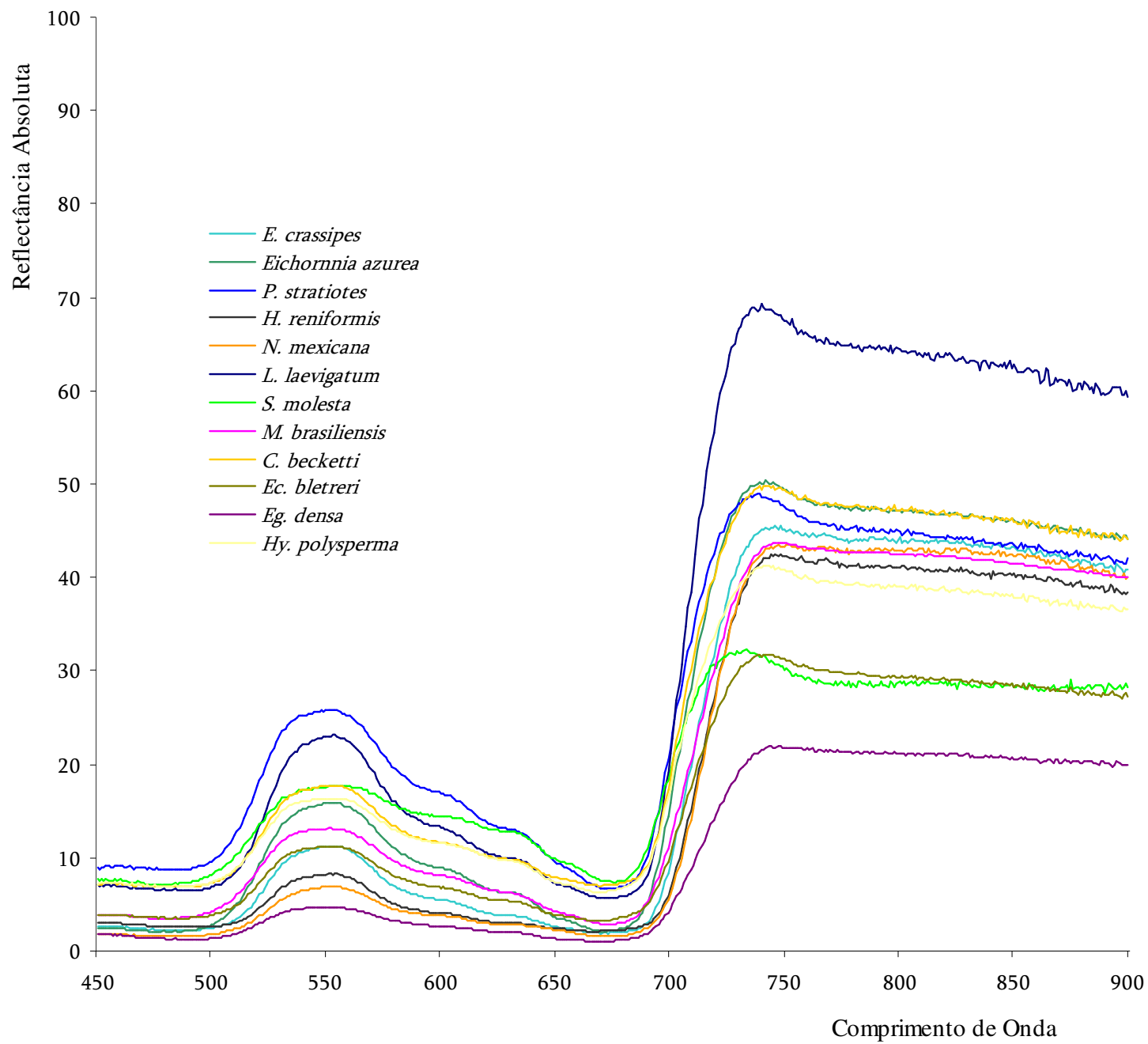


## Brown algae





### Reflectância Absoluta de macrófitas

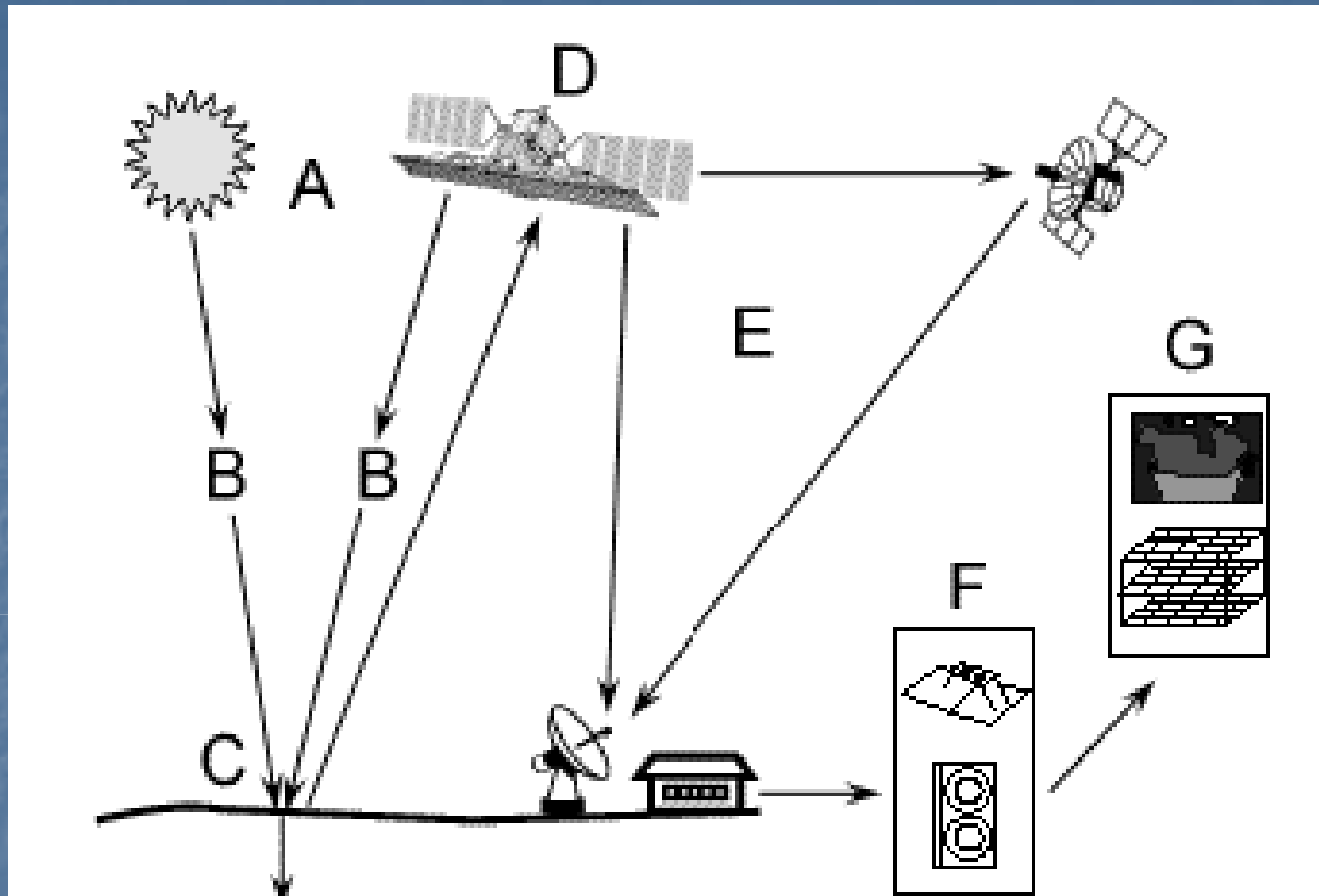


# Escalas de coleta de assinaturas espectrais

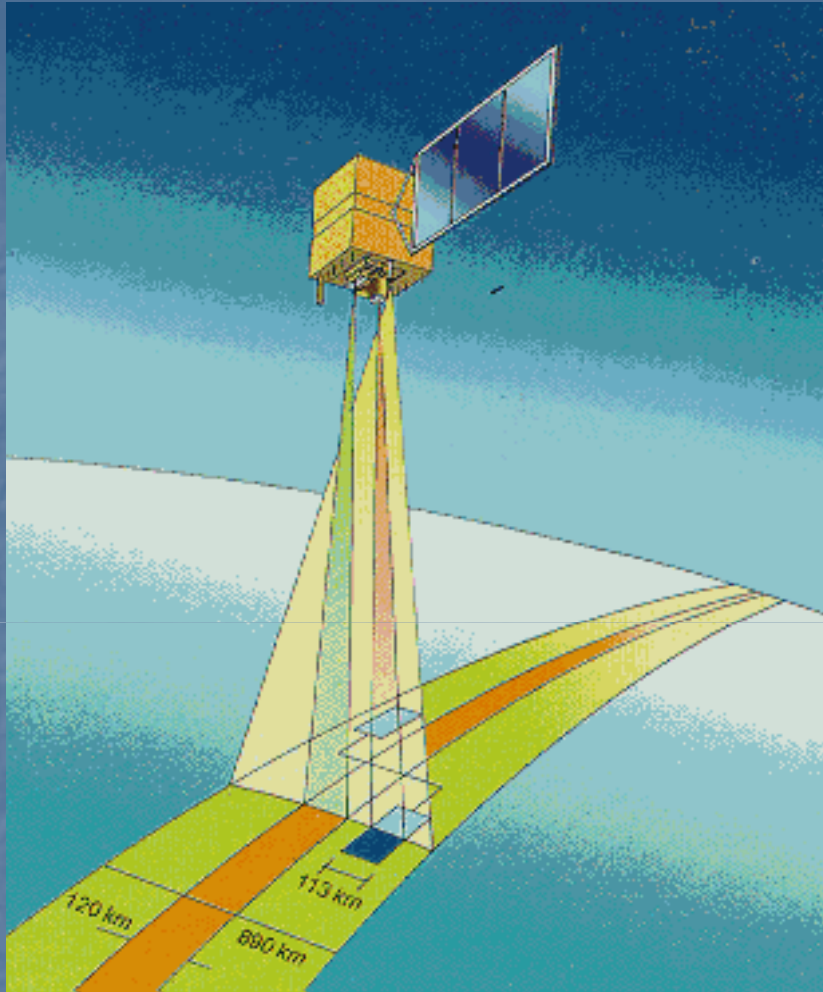
- Laboratório
- Campo
- Torre
- Helicóptero
- Avião
- Satélite



Aumenta o detalhamento  
Diminui a área amostrada



O processo de sensoriamento remoto orbital envolve 7 etapas, sendo elas :  
 Fonte de energia ou iluminação (A); Radiação e atmosfera (B); Interação com o alvo (C); Registro da energia pelo sensor (D); Transmissão, recepção e processamento (E); Interpretação e análise (F); e Aplicação (G).

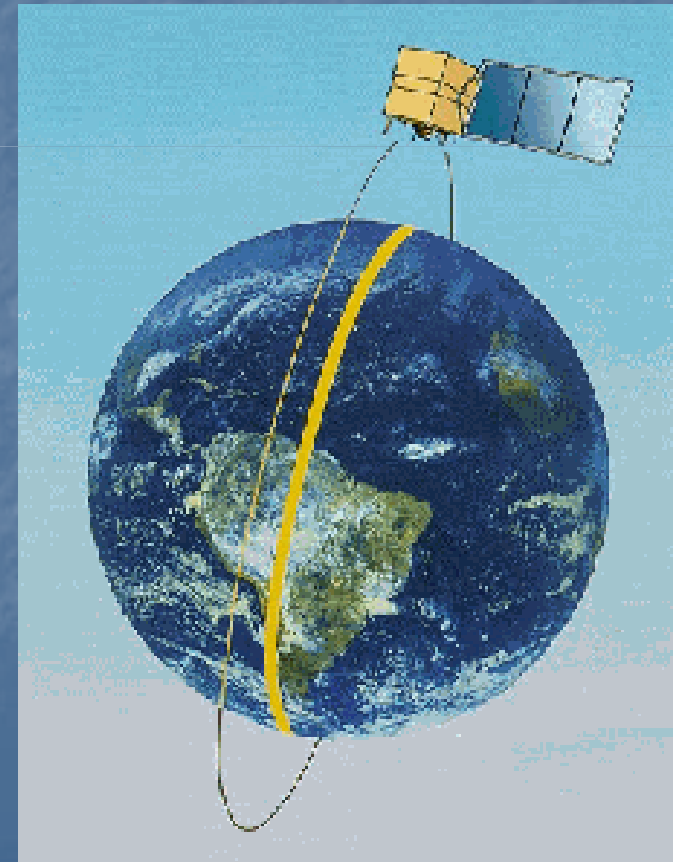


## Largura das órbitas do CBERS:

CCD → 113km → 20x20m

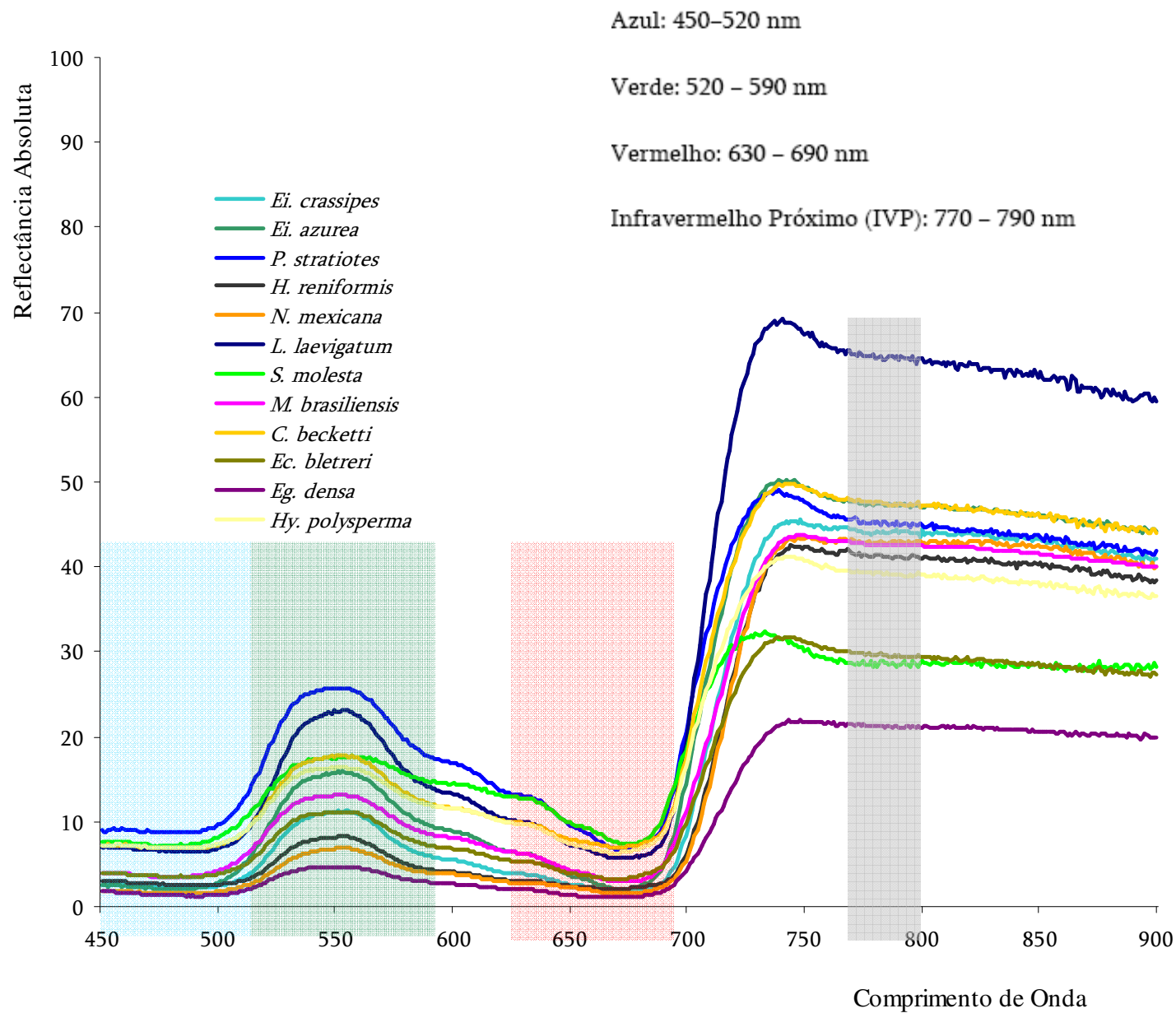
IRMSS → 120km → 80x80m

WFI → 890km → 240x240m



Intensidade  
Média na  
Faixa  
espectral

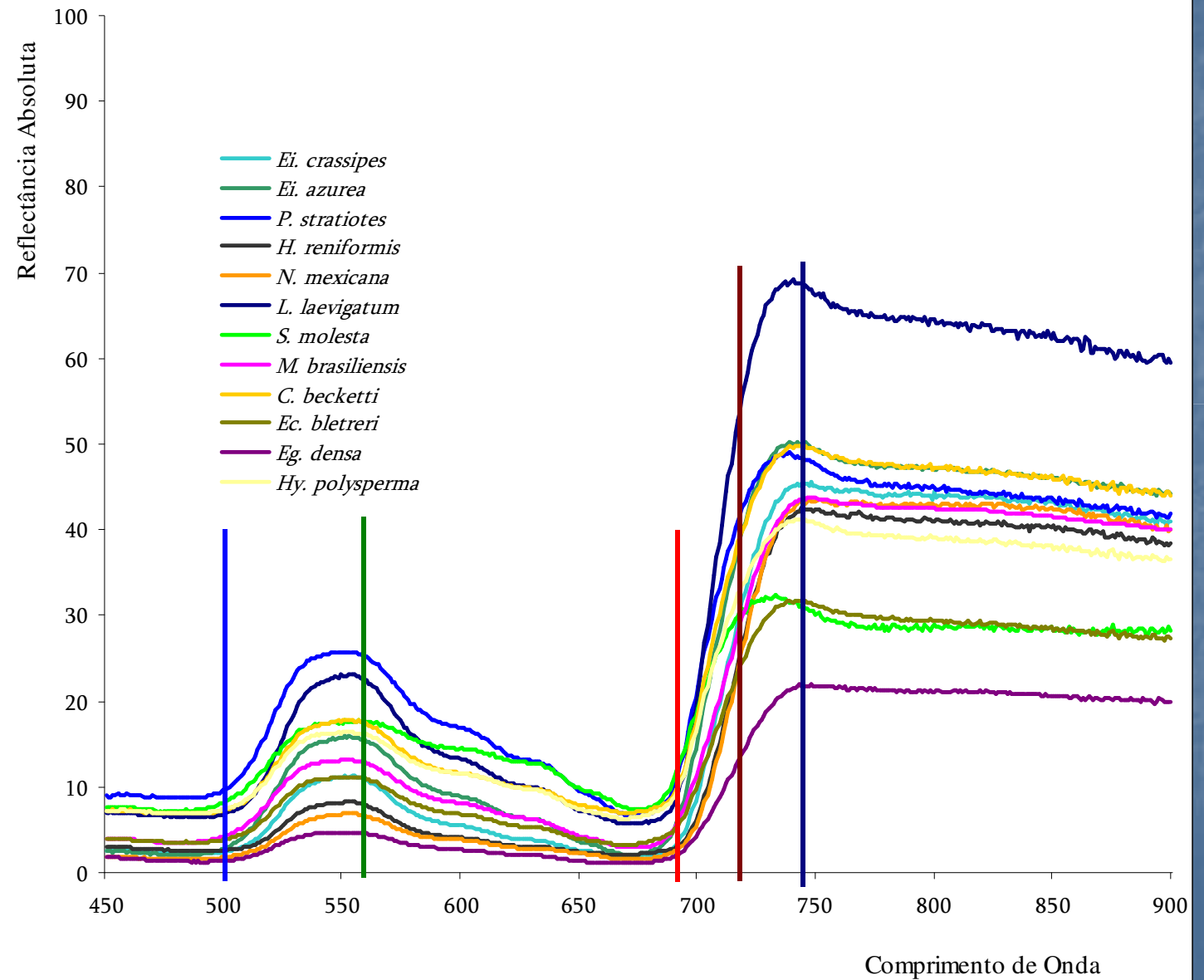
### Reflectância Absoluta de macrófitas



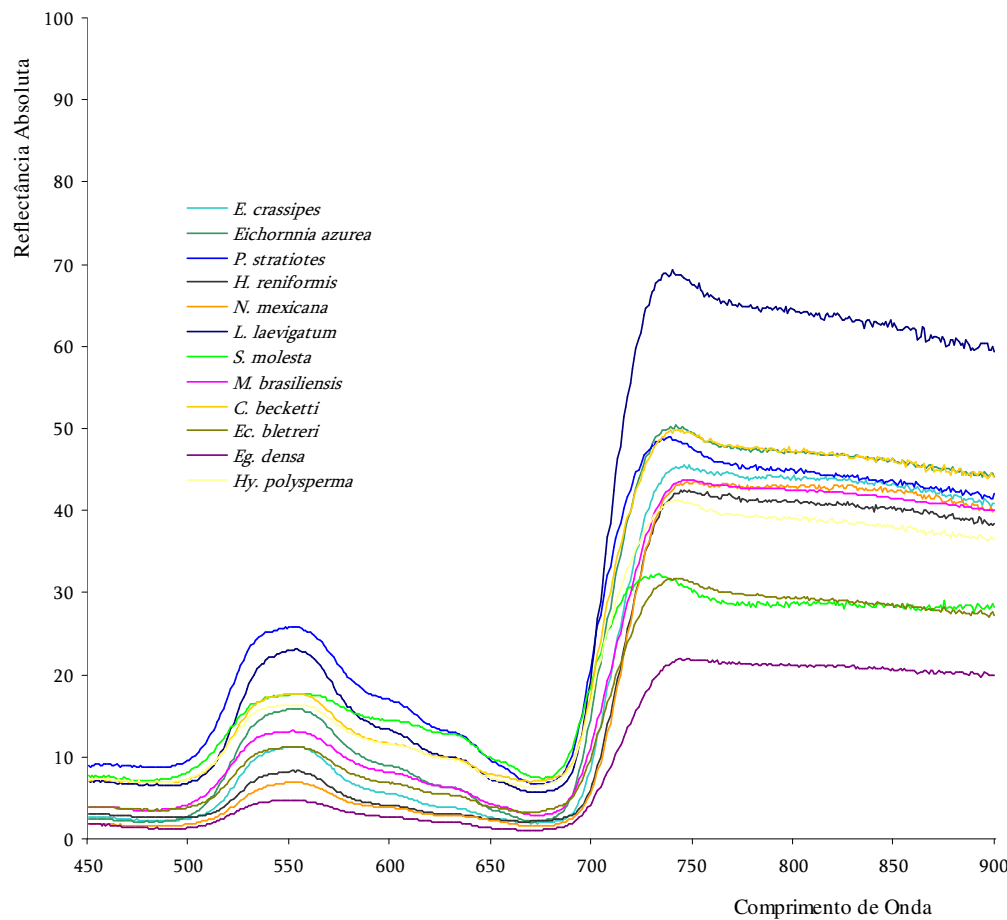
Picos de reflectância em cada faixa

- Azul: mín
- Verde: máx
- Vermelho: mín
- LimVerm: máx
- IVP: máx

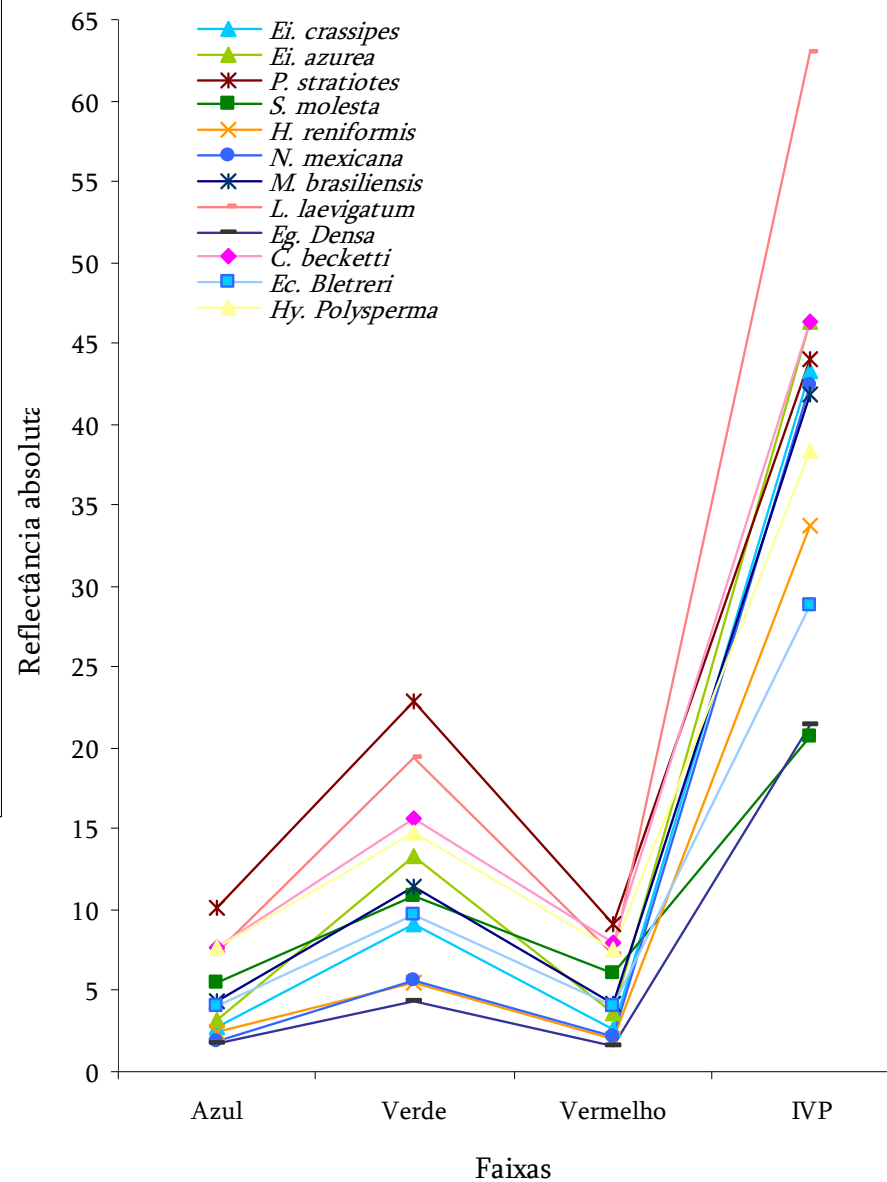
Reflectância Absoluta de macrófitas



Reflectância Absoluta de macrófitas



Reflectância média nas Faixas espectrais



Faixas espectrais  
do CBERS e do IKONOS



# Imagens de reflectância obtidas por satélite

- Exemplo: LANDSAT (pixel de 30x30m)





Imagem no  
Azul

ND = 0 (preto)  
a 255 (branco)



Imagem  
No Verde



Imagem no  
Vermelho



Imagem  
No IVP



Imagem  
No IVM



Imagem no  
Termal

ND = 0 (preto)  
a 127 (branco)

# COMO INTERPRETAR?

- Comportamento Espectral da Cobertura Vegetal

# Análise qualitativa

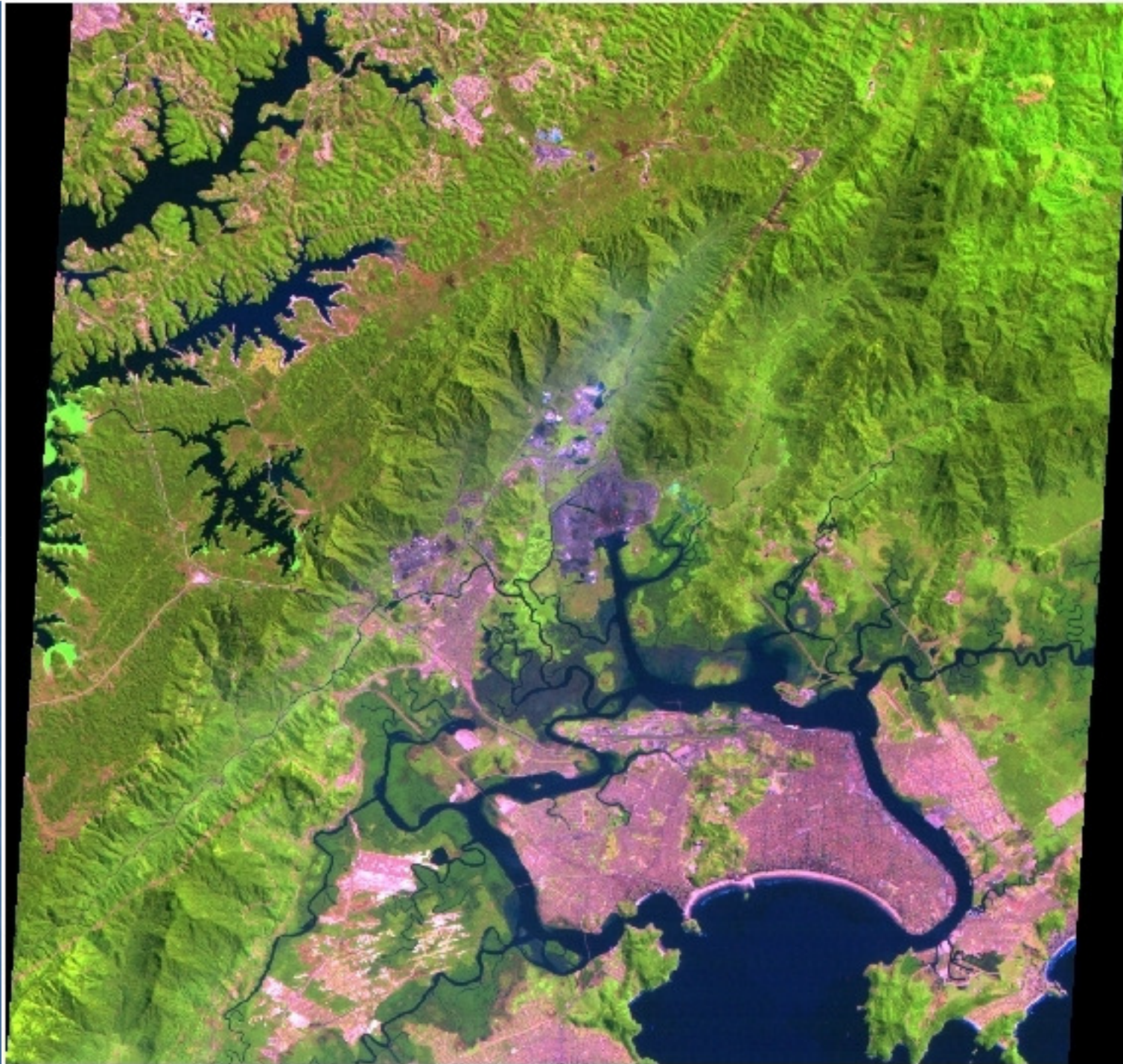
- Composição colorida
  - Só serve para visualização



Análise  
Qualitativa

Imagem  
Composição  
Colorida

Vermelho	R
IVP	G
IVM	B



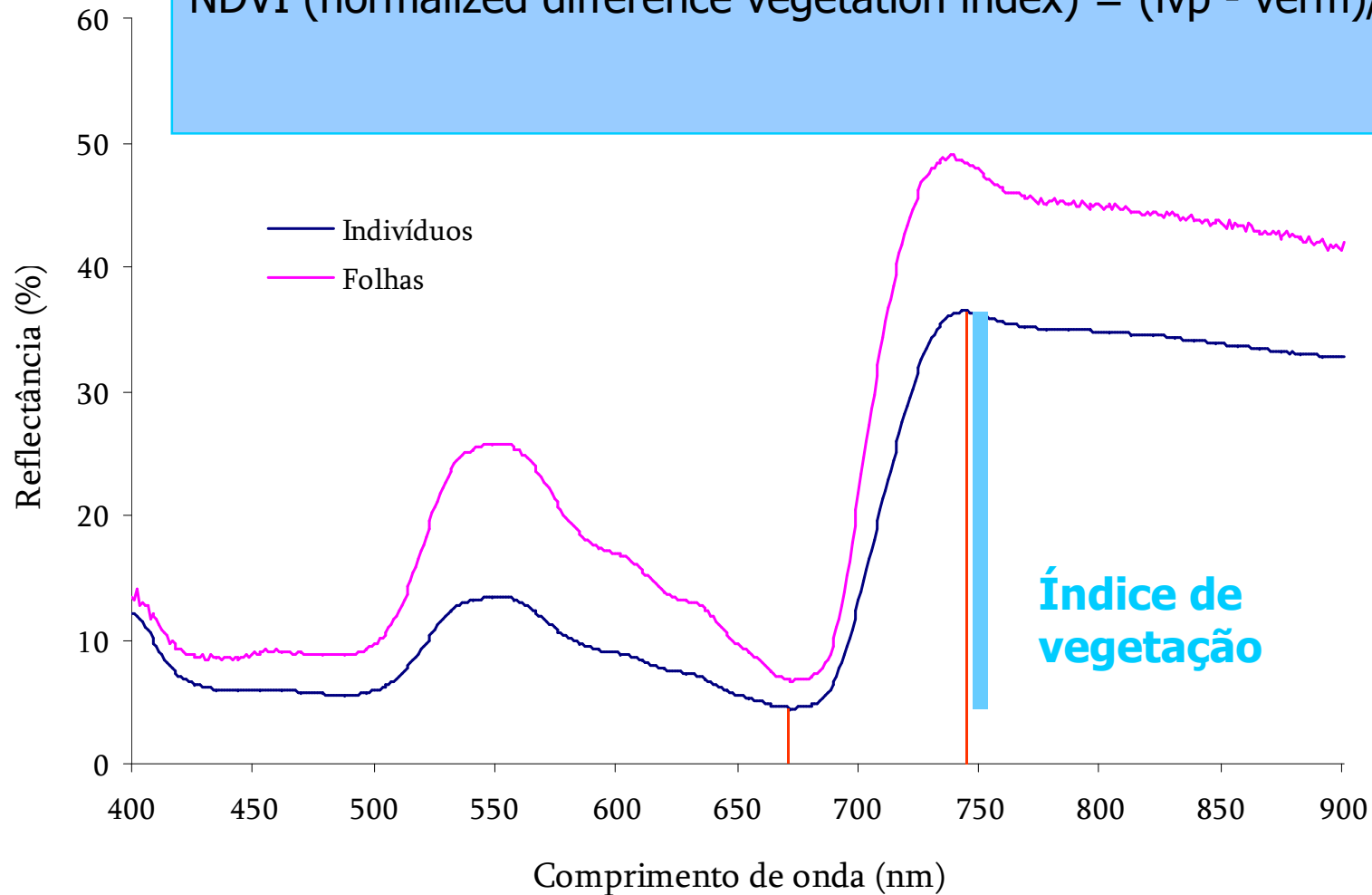
# Análise quantitativa

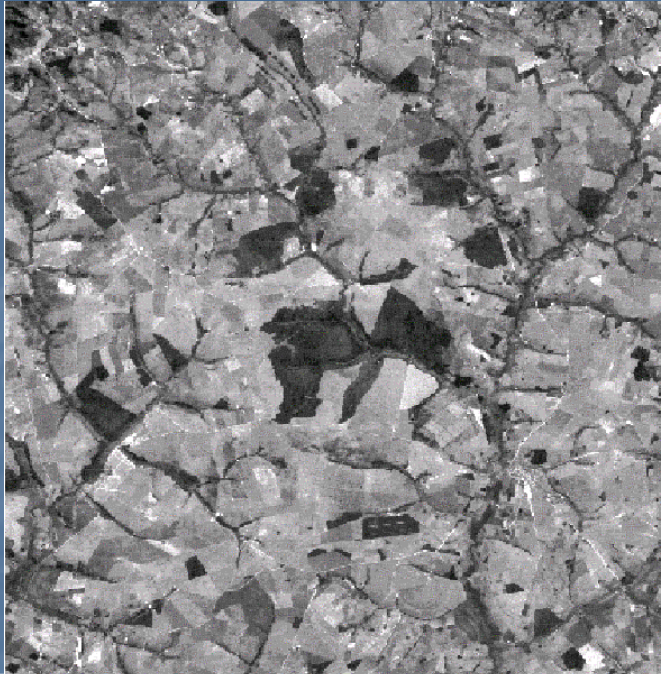
- Índice de vegetação
- Índice de umidade
- Índice de área foliar
- Fator PAR

## Análise Quantitativa:

Índices de Vegetação (modelos numéricos, lineares ou não, que são proporcionais a densidade de vegetação viva por área).

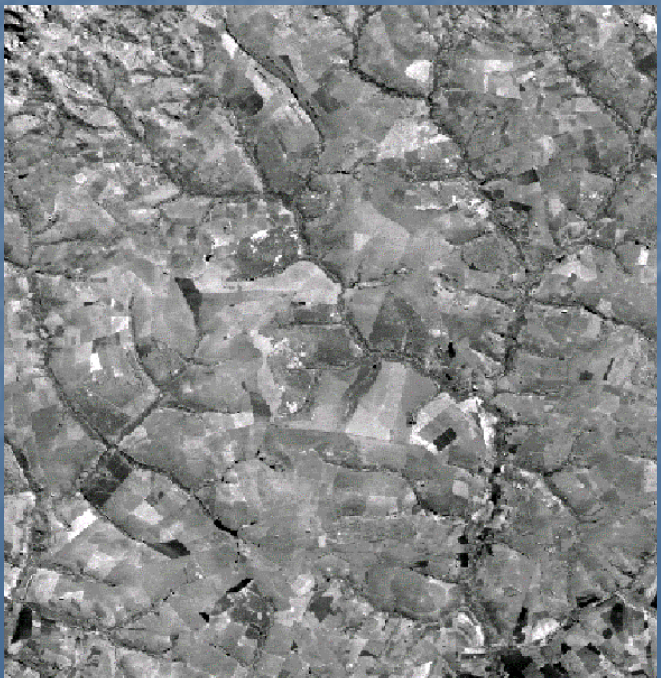
NDVI (normalized difference vegetation index) =  $(ivp - verm)/(ivp + verm)$



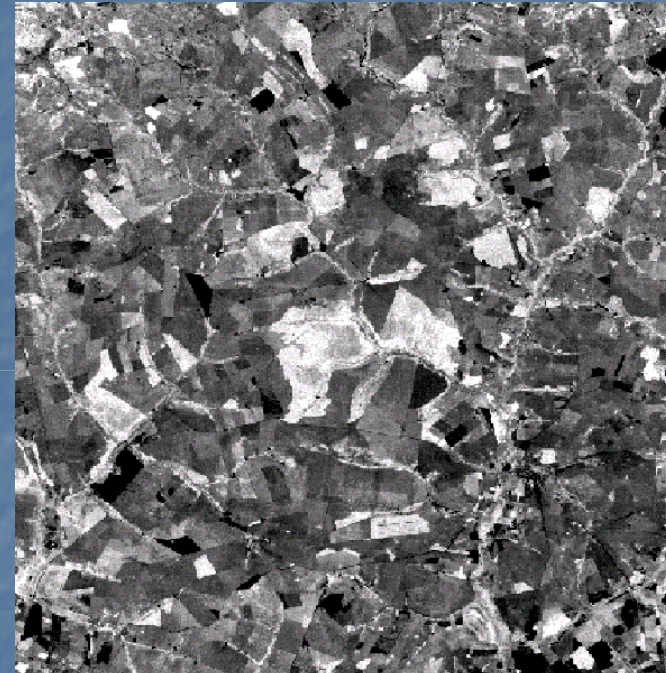


$\rho_v$

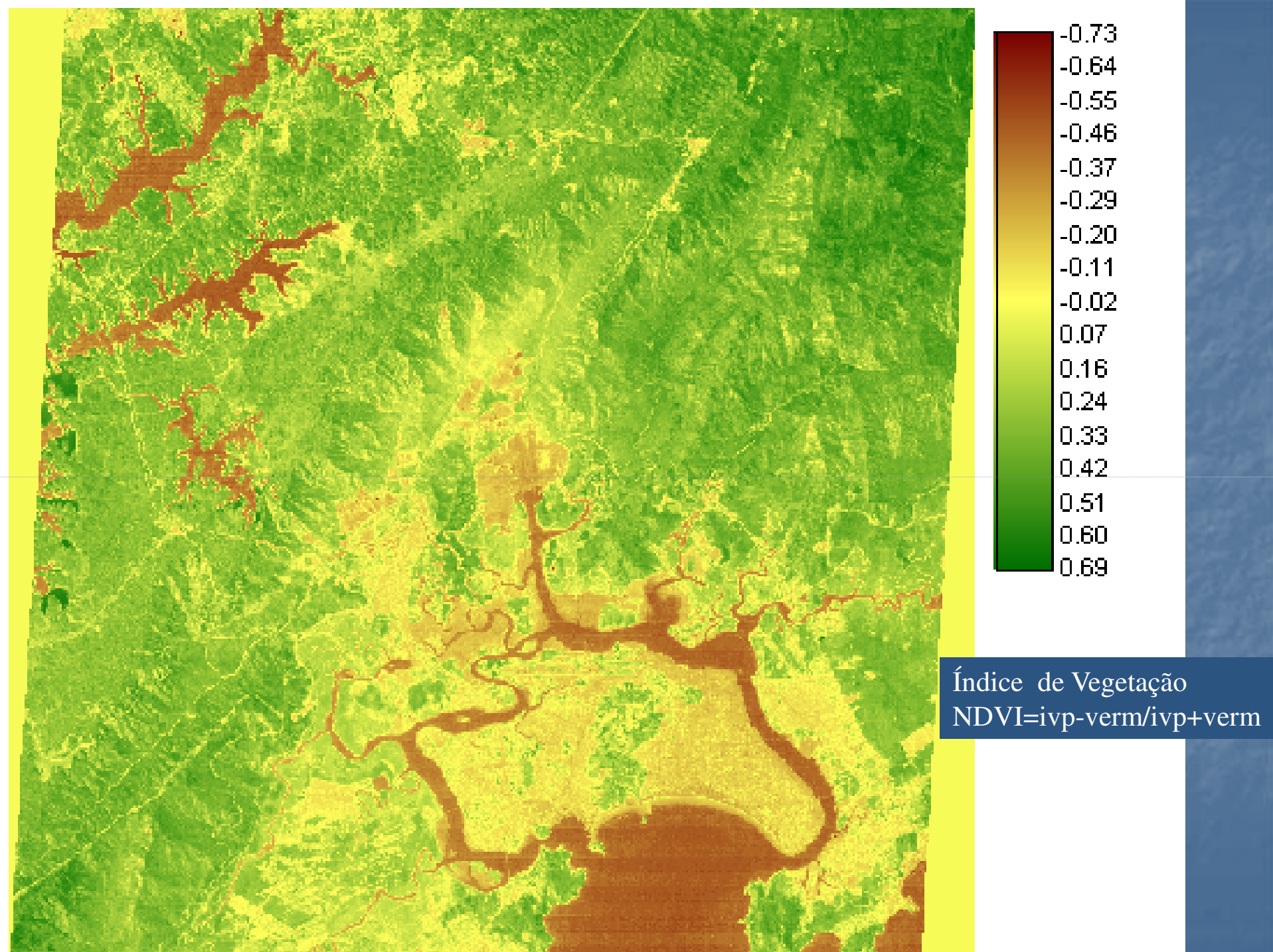
$$NDVI = \frac{\rho_{iv} - \rho_v}{\rho_{iv} + \rho_v}$$

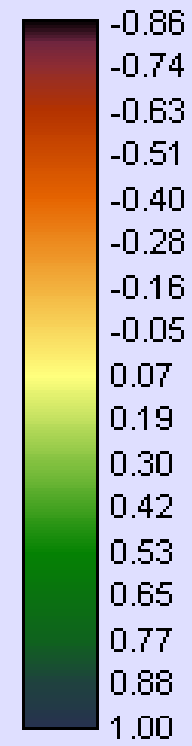
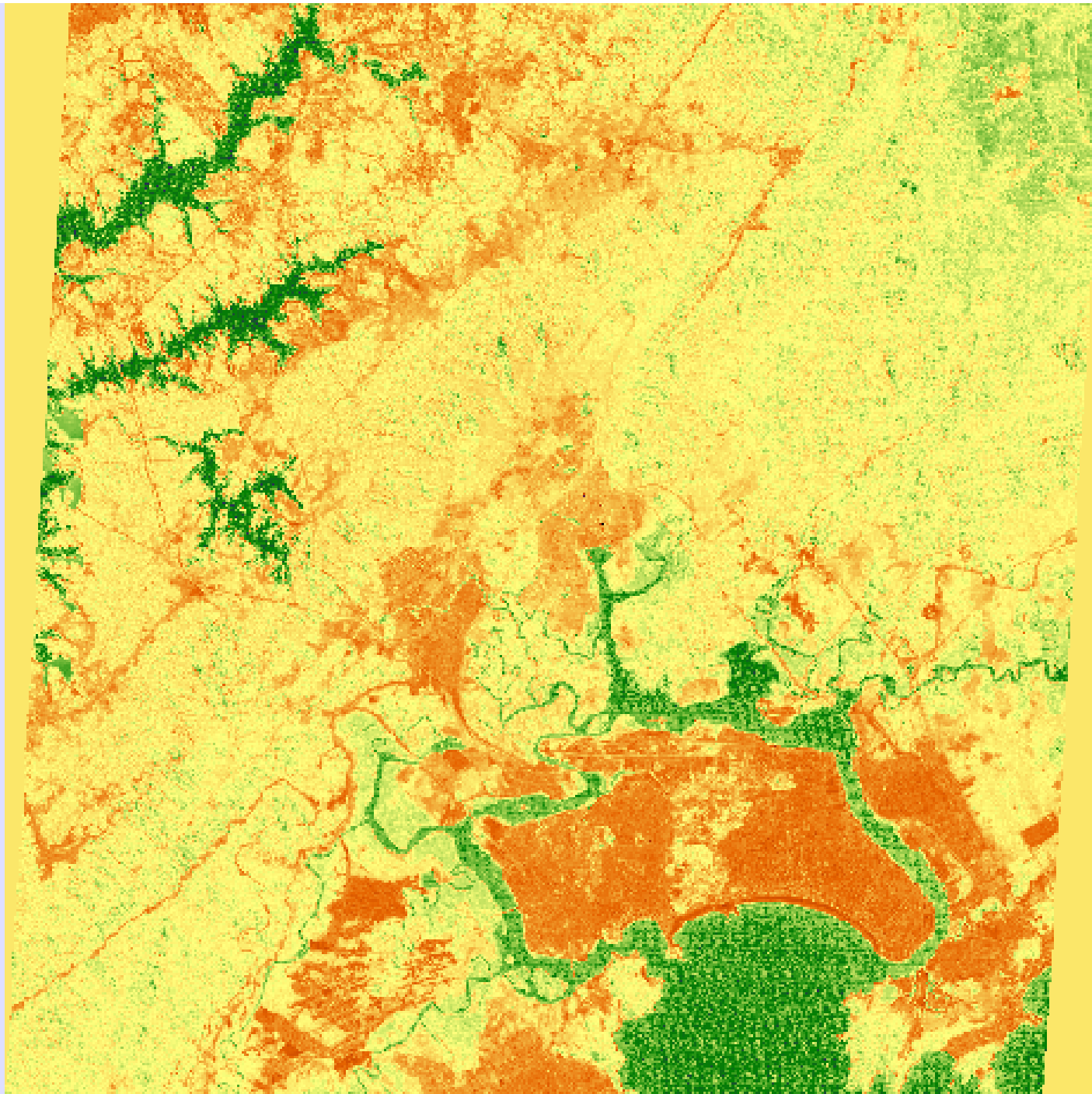


$\rho_{iv}$



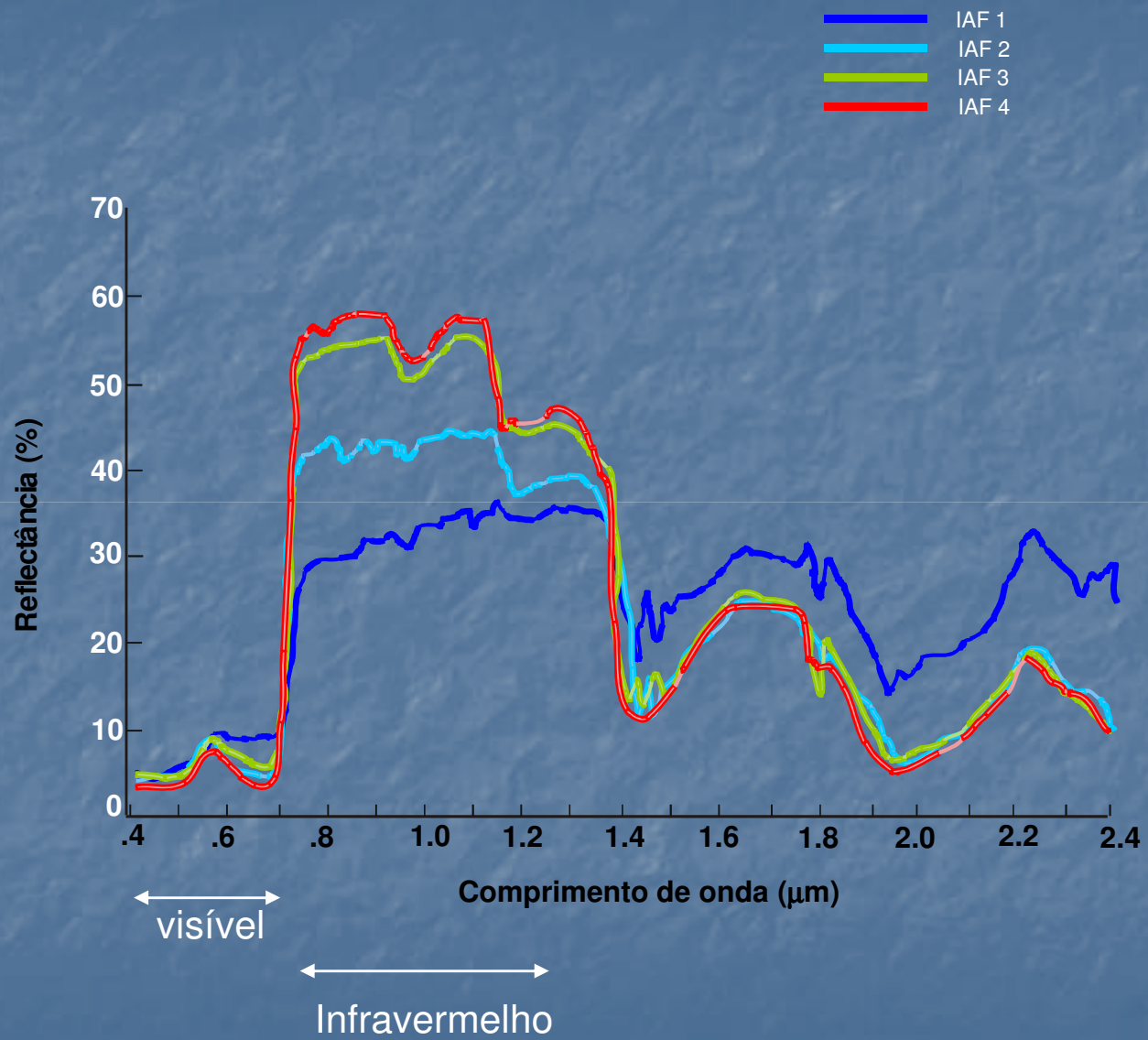
*NDVI*





Índice de Umidade (Gao)

$$\text{NDWI} = \frac{\text{ivp} - \text{ivm}}{\text{ivp} + \text{ivm}}$$



Fonte: Modificado de Jensen, 2000

- Índice de Área Foliar – porcentagem de cobertura de folhas por área:

- **IAF =  $\ln(1 - \text{NDVI}) / -0,54$**  (Duchemin *et al.*, 2006)

- **IAF (coníferas) =  $0,9 + 0,69 \ln \text{ISR}$**  (Fernandes *et al.*, 2003)

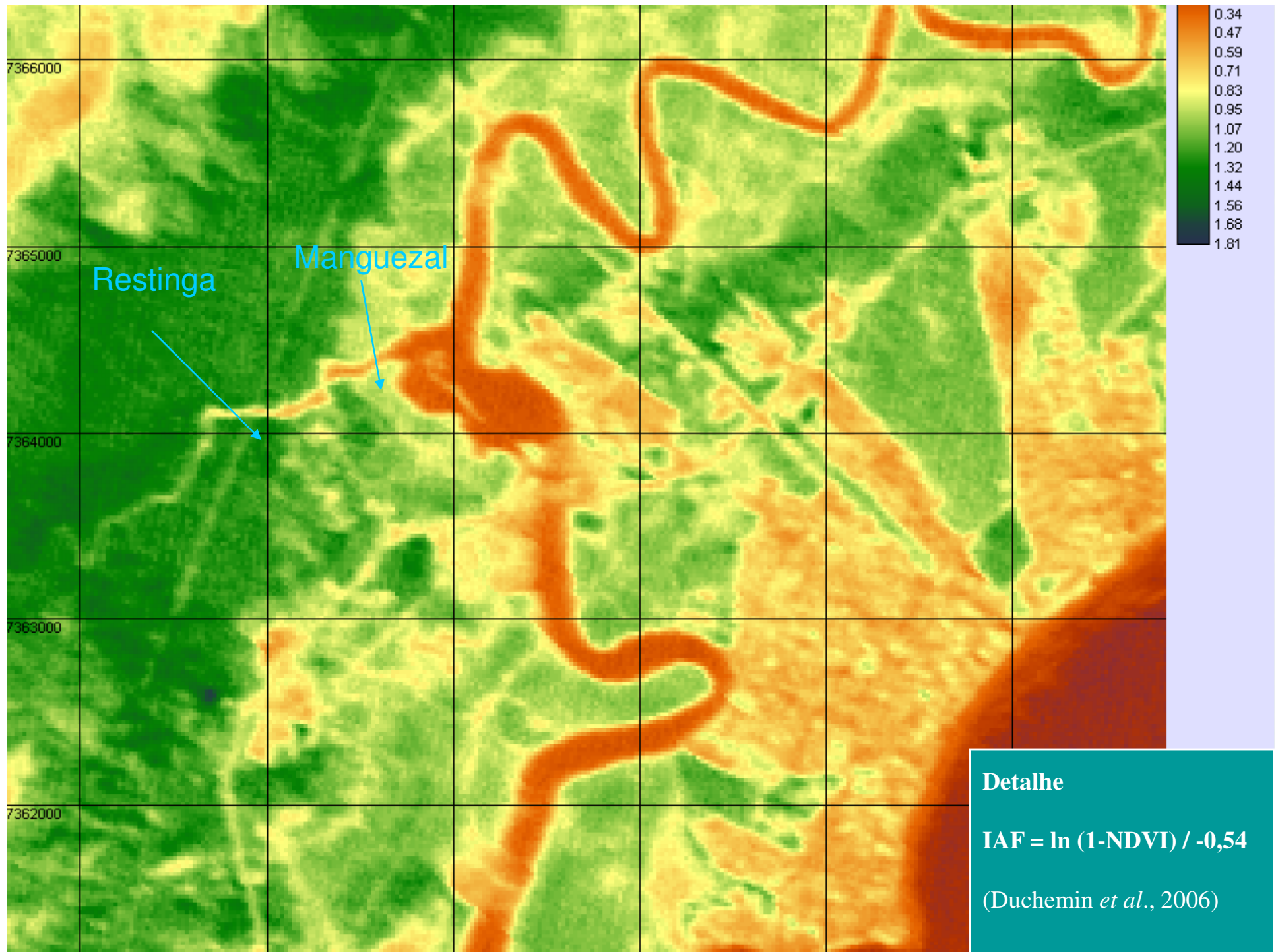
- **IAF (fanerófitas) =  $-0,35 + 1,12 \text{ISR}^{1/2}$**  (idem)

- **IAF (gramíneas) =  $-0,21 + 0,21 \text{SR}$**  (Sellers *et al.*, 1992)

- **ISR =  $\text{ivp}/\text{ivm}$**

- **SR =  $\text{ivp}/\text{vermelho}$**





# Índice de área foliar medido no campo

- IAF = área da folha / unidade de área estudada

Vegetação desértica*	IAF = 1
Campo cerrado**	IAF de 1(s) a 2(c)
Cerradão**	IAF de 1,9(s) a 2,8(c)
Floresta tropical*	IAF entre 6(s) e 8(c)

\* Daughtry (1990)

\*\* obtidos com LiCor 2000 (Bitencourt *et al.*, 2007)

# Fator de Radiação fotossinteticamente ativa

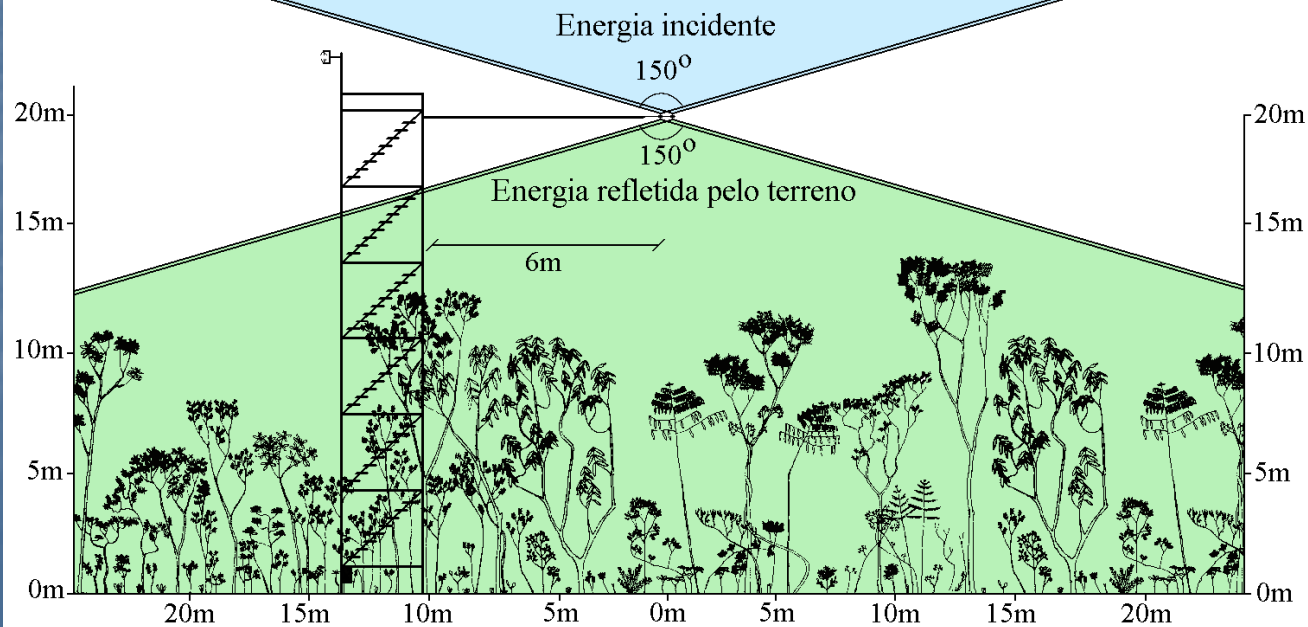
- **FPAR = 0,8465 x NDVI – 0,1083** (Myneni & Williams, 1994)



A – Detalhe dos sensores

B - Torre localizada na Gleba Pé-de-Gigante (classe Cerrado s.s.)

Dados coletados em 2001.

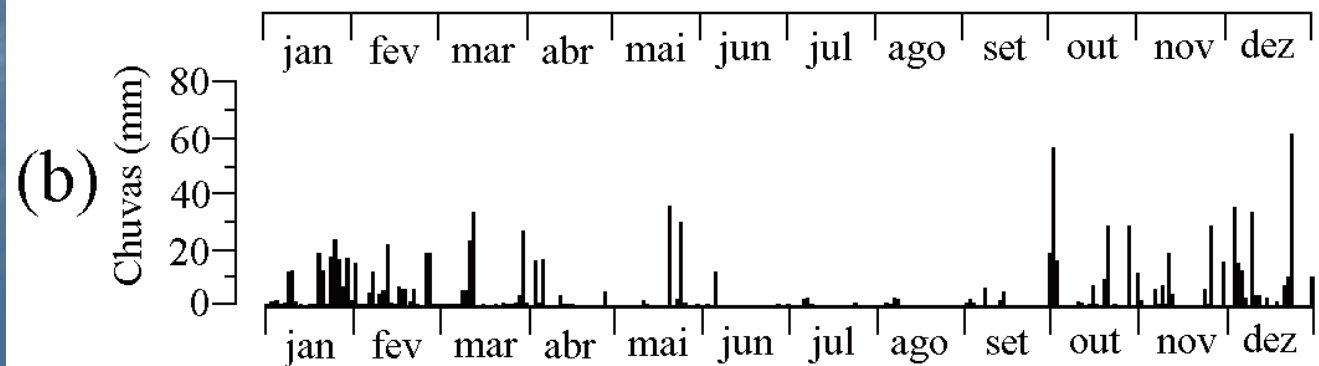
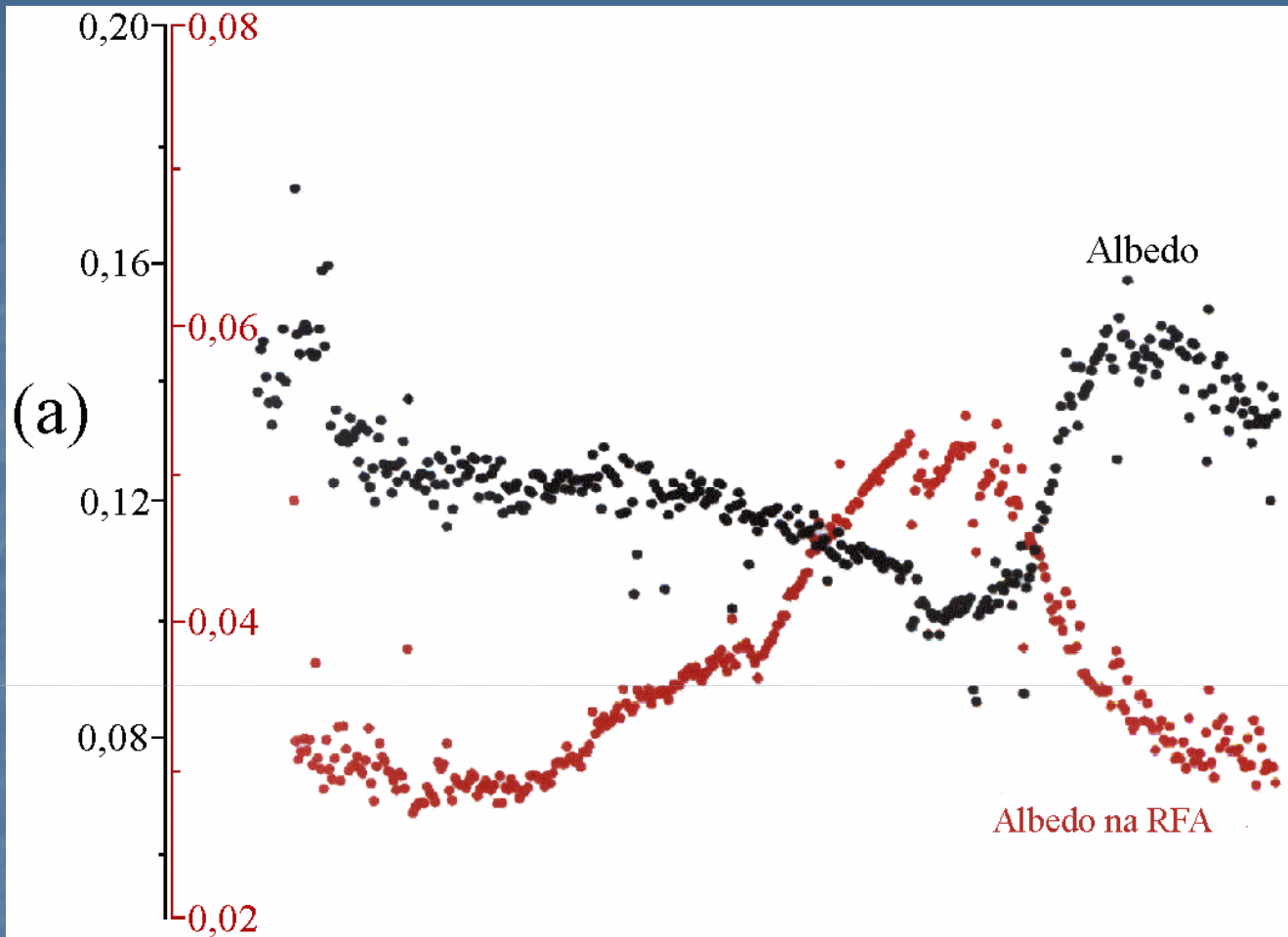


Autoria: Humberto N. de Mesquita Jr.

a) - Albedo na RFA (ou FPAR) diária:  
de 400 a 700 nm  
→ LiCor 196AS

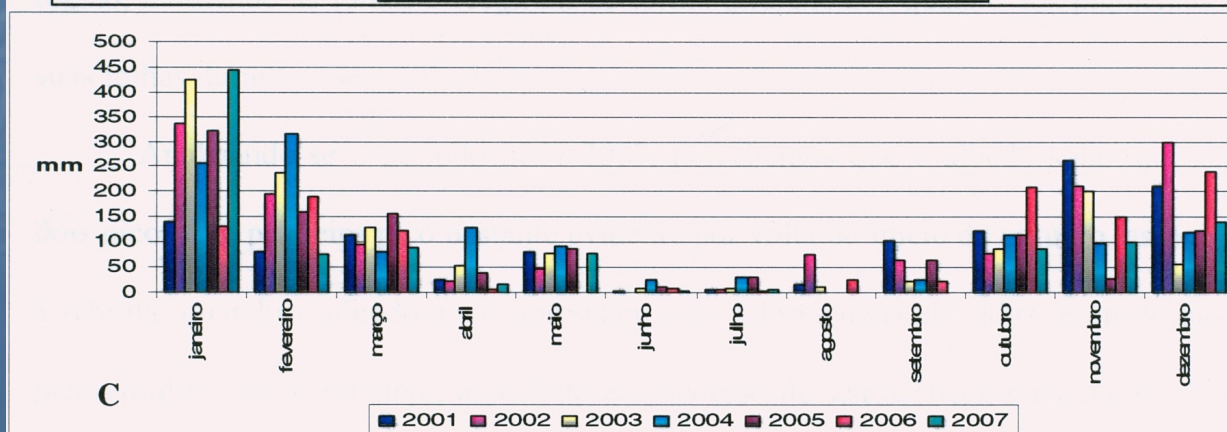
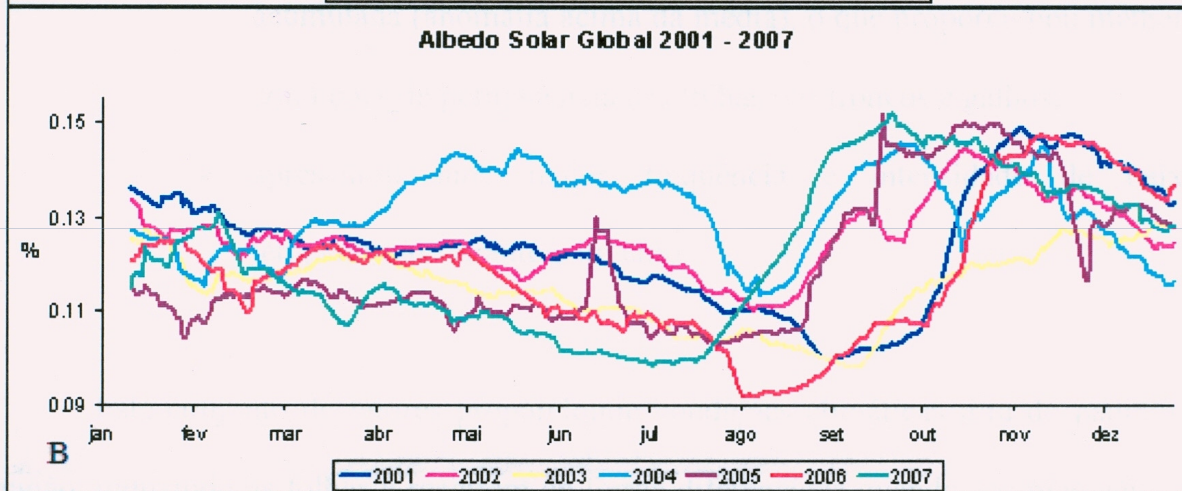
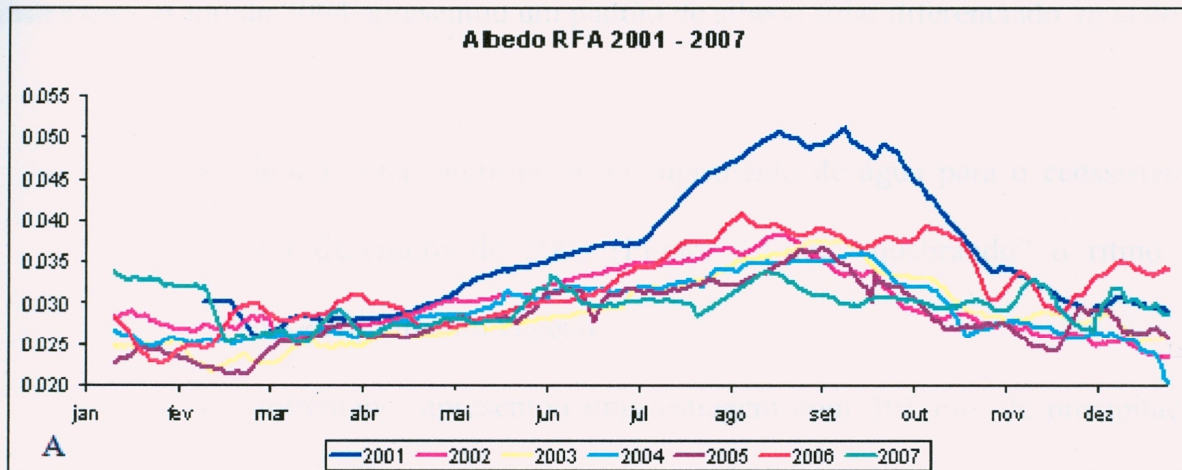
- Albedo é a radiação  
em todas as faixas:  
de 280 a 2800 nm  
→ LiCor 200AS

b) Precipitação mensal  
2001 (um ano típico)



Fonte:  
Bitencourt *et al.* (2007)

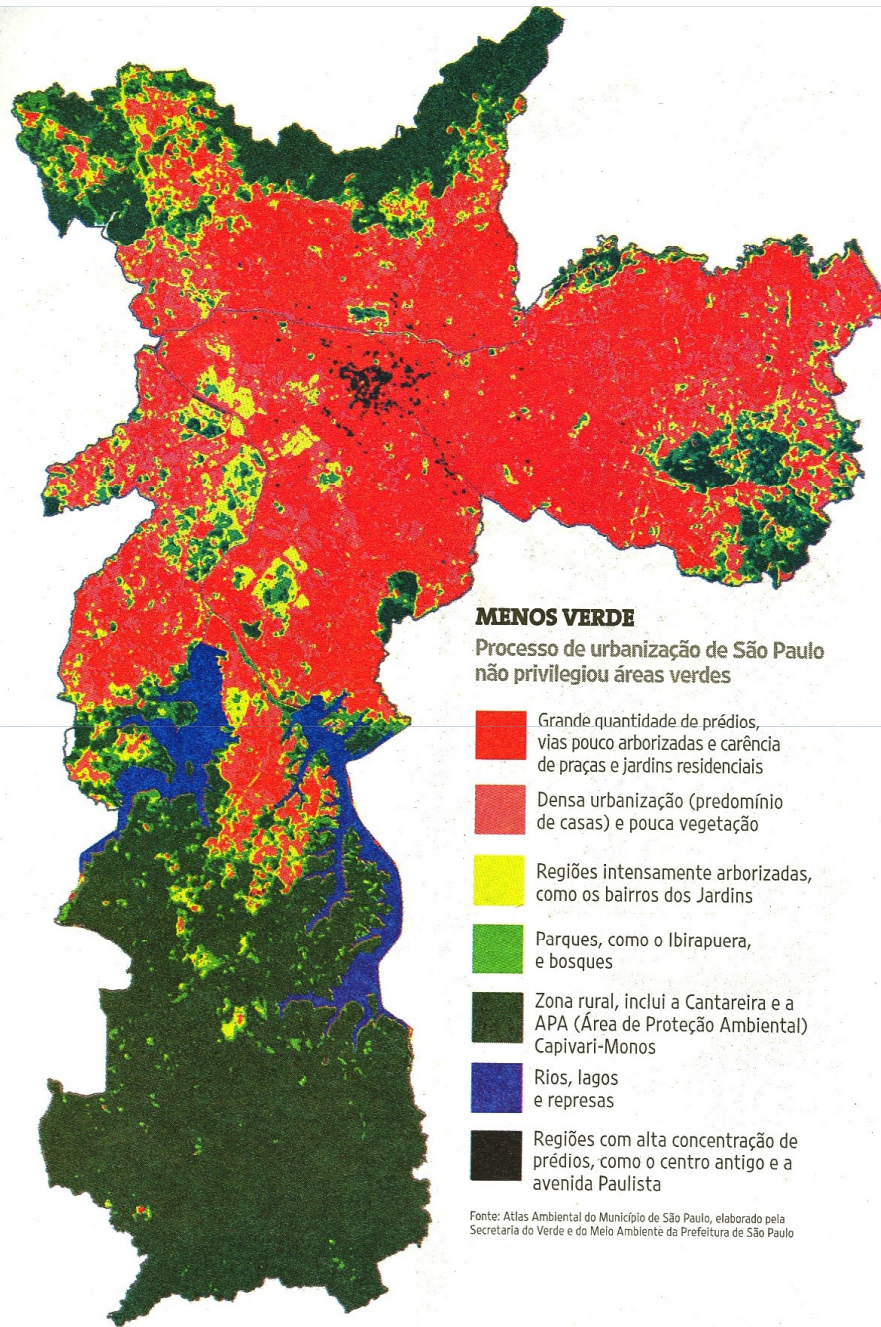
Autoria: Humberto R. da Rocha



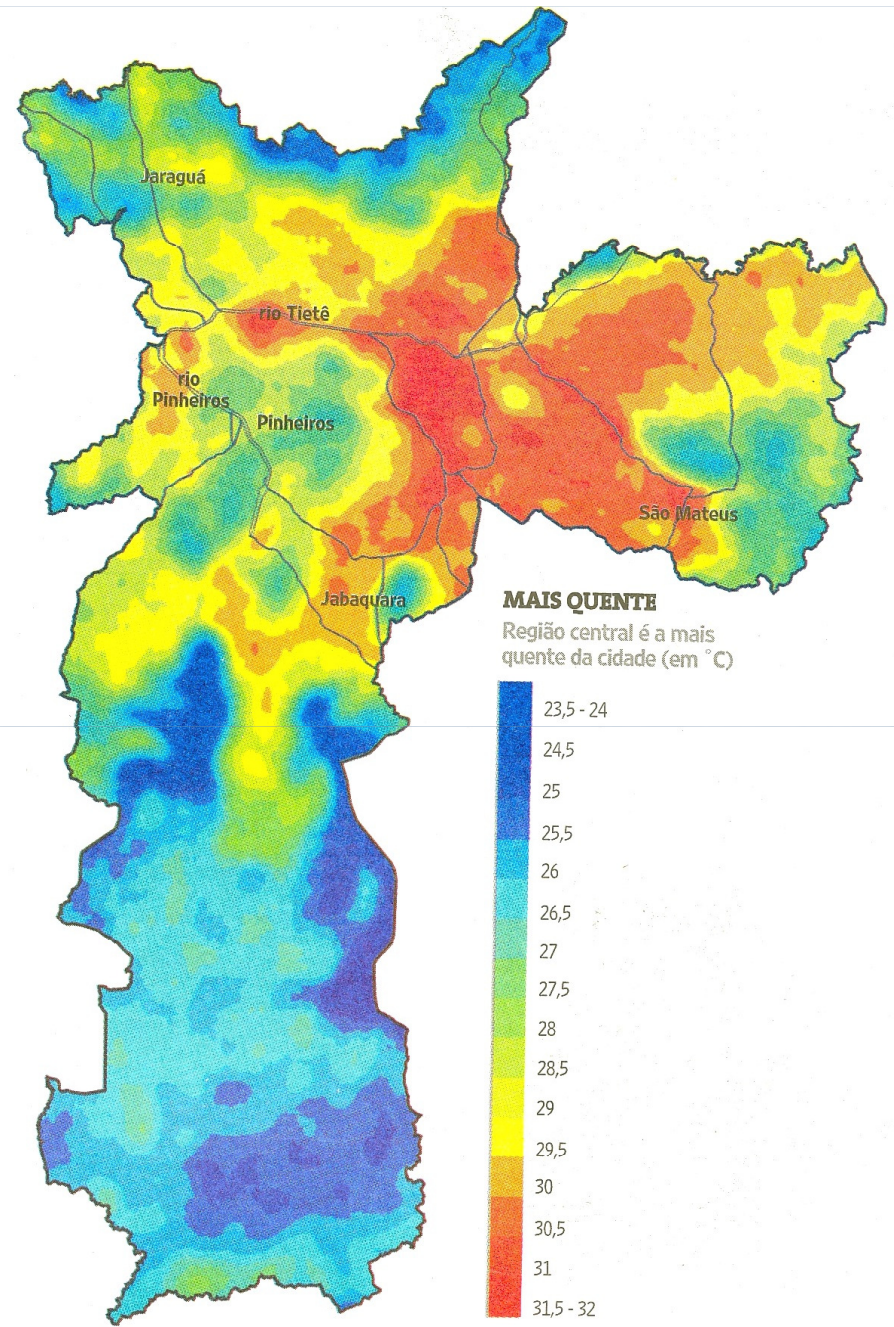
Fonte: Couto 2009

# Sistemas com Termal

- LANDSAT-TM e +ETM
  - Faixa espectral: 10,4 a 12,5 micrômetros
  - Pixel de 80x80 e 160x160m
- CBERS – IRMSS (grátis)
  - Faixa espectral: 10,4 a 12,5 micrômetros
  - Pixel de 120x120m
- NOAA – AVHRR
  - Faixa espectral: 10,4 a 12,5 micrômetros
  - Pixel de 1,1x1,1 Km



Fonte: Atlas Ambiental do Município de São Paulo, elaborado pela Secretaria do Verde e do Meio Ambiente da Prefeitura de São Paulo



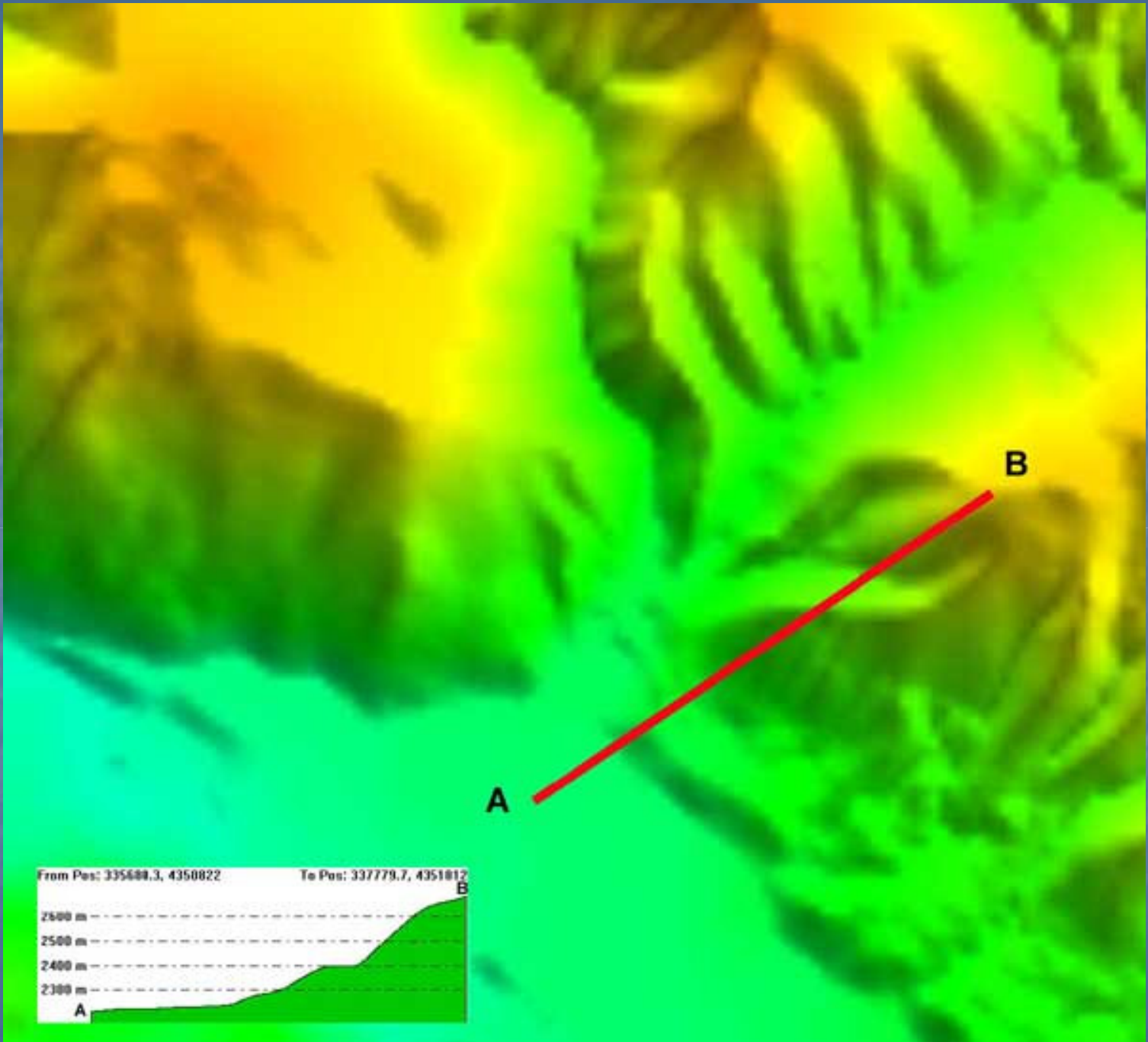


# Imagens de altitude obtidas por satélite

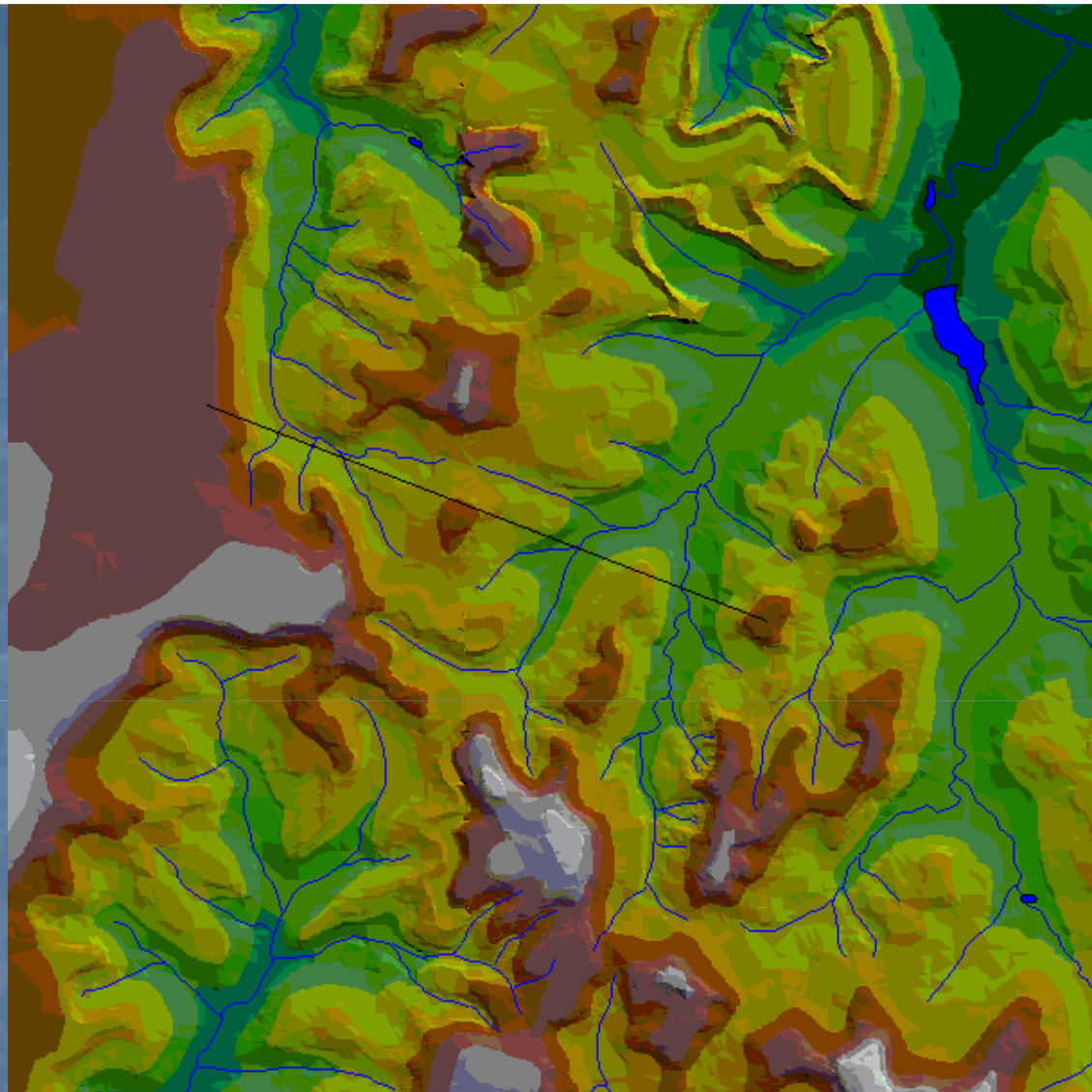
- Imagens do sistema SRTM (InSAR)

***SRTM = Shuttle Radar Topography Mission***

InSAR = Interferometry of Synthetic Aperture Radar

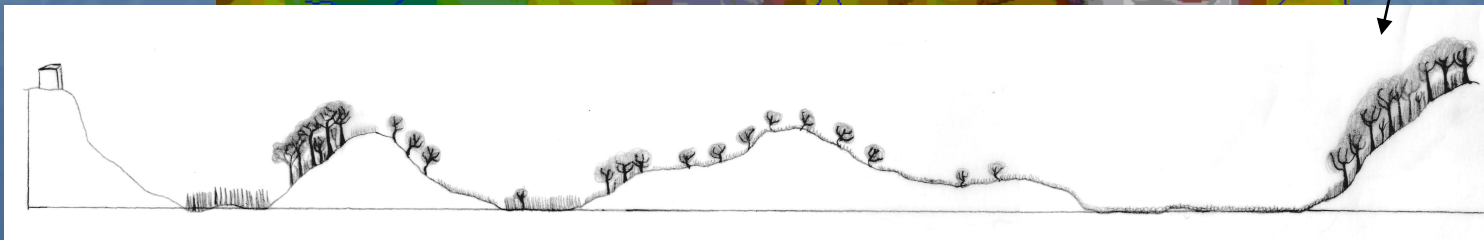


Mapa  
**Hipsométrico**  
(cinza + alto,  
verde escuro  
mais baixo)



Perfil  
topográfico

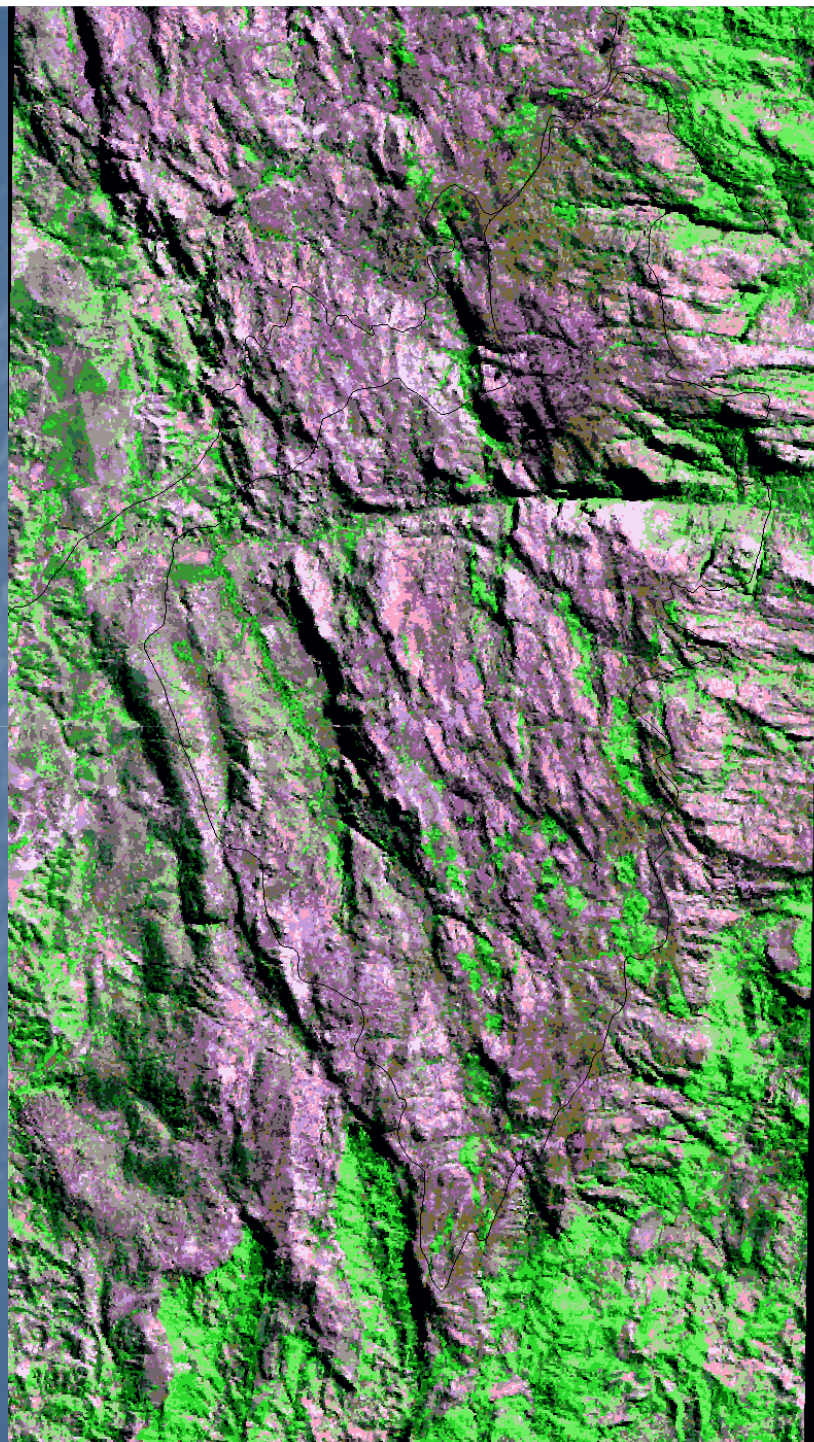
620m



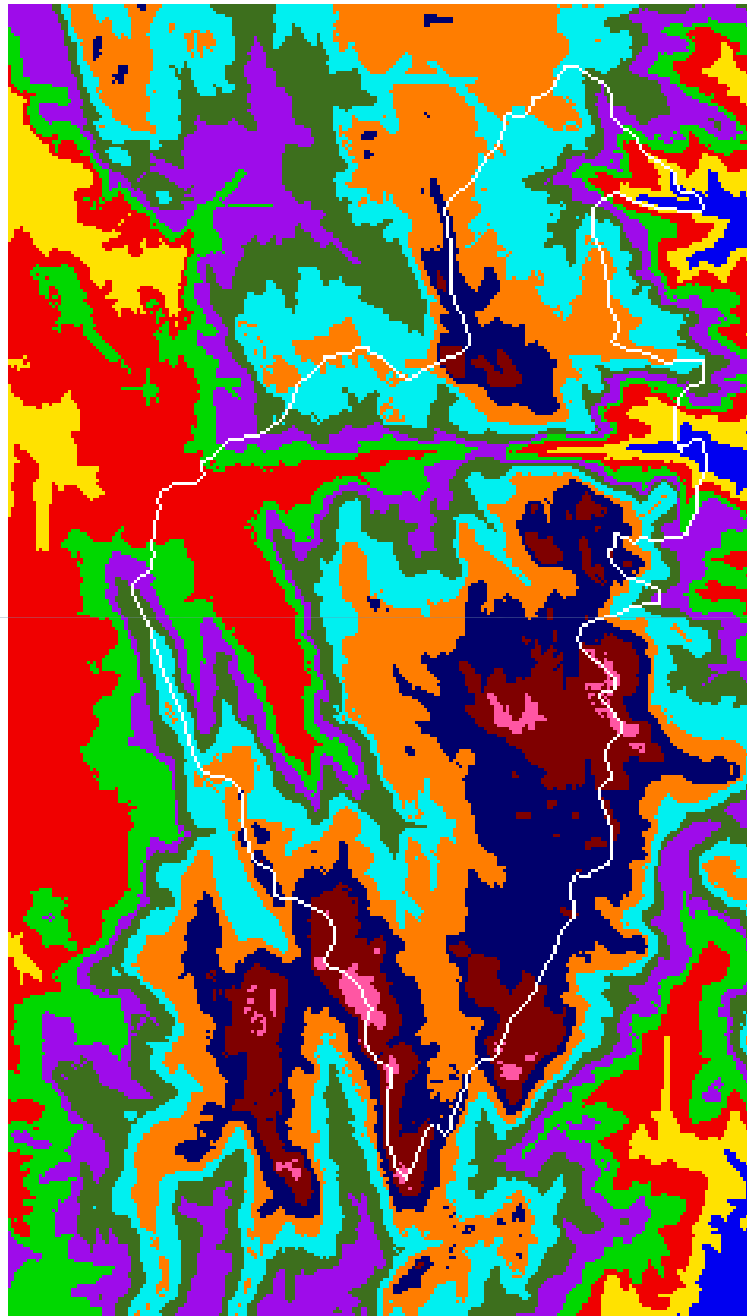
660m

1500 m de extensão

Imagem Composição  
Colorida (RGB) com a  
Cor Verde na faixa do  
IVP.

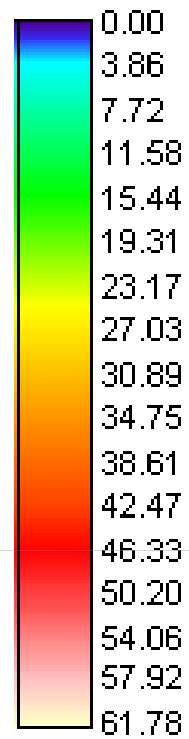
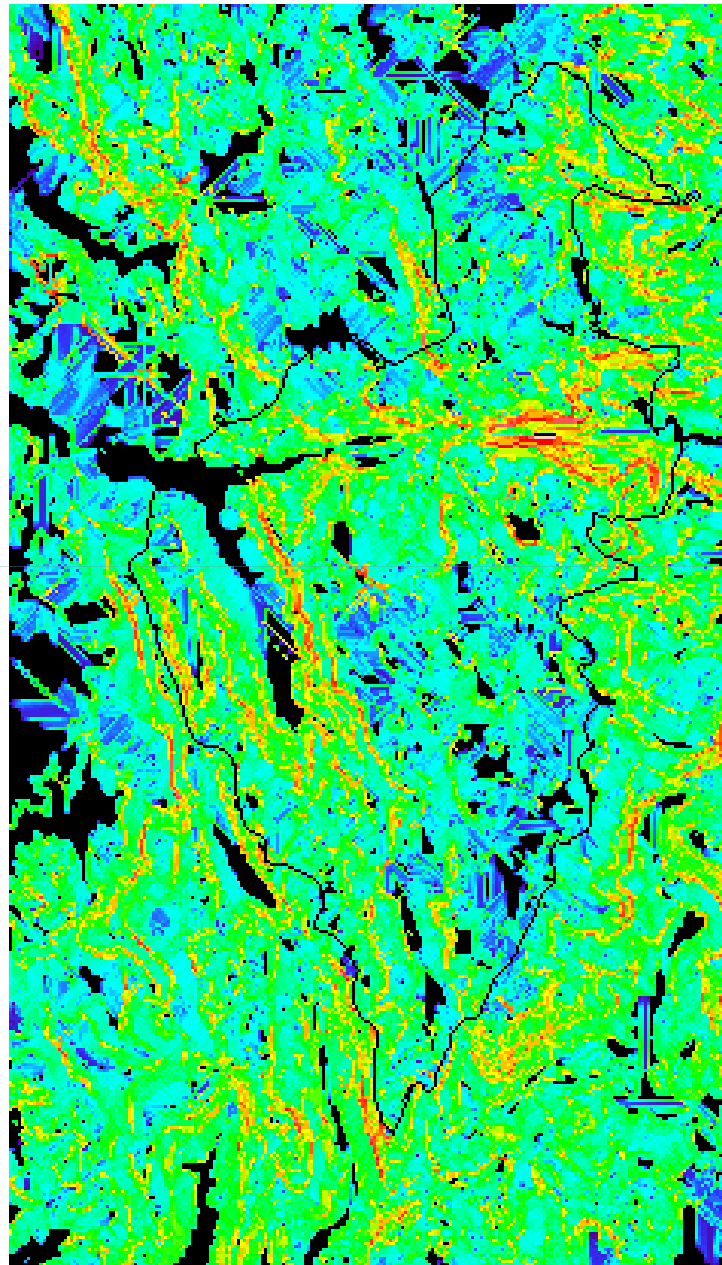


Área do  
Parque Nacional da  
Serra do Cipó - MG

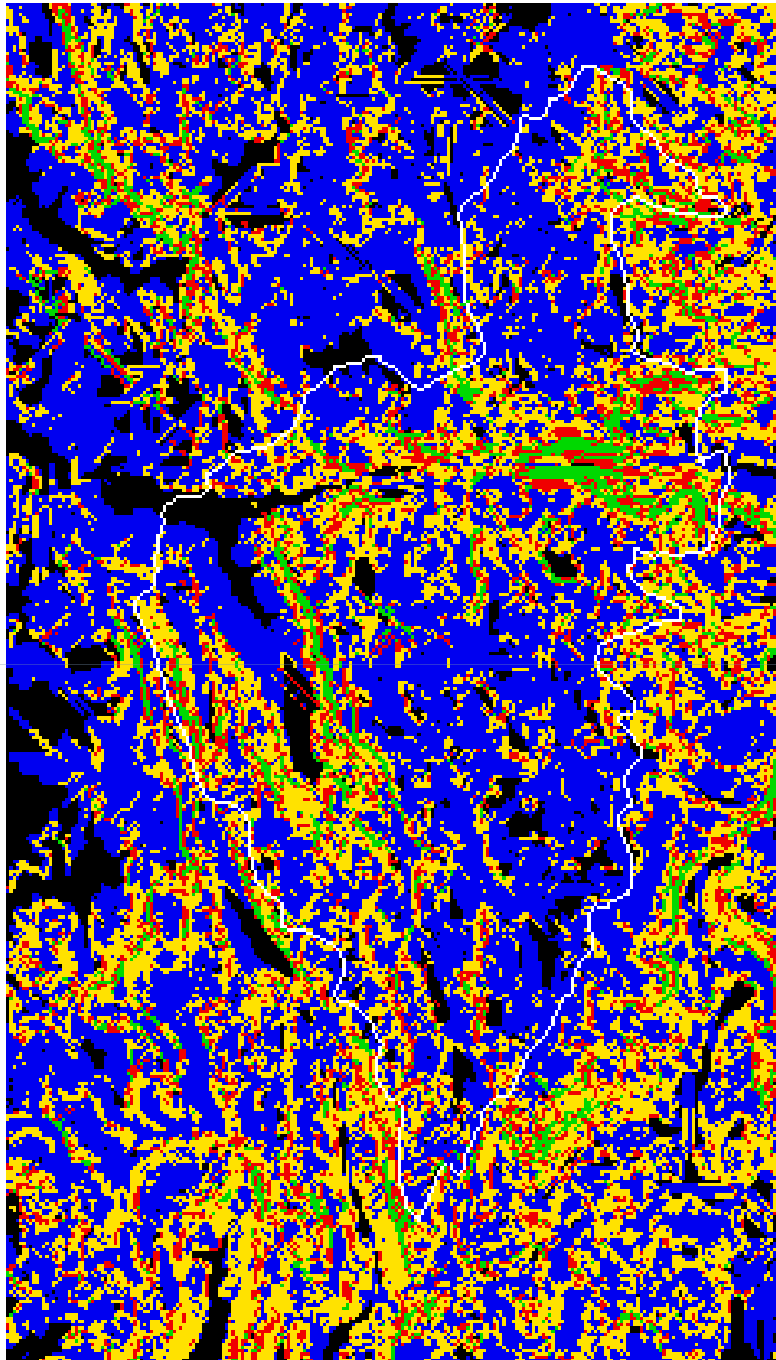


600 a 699m
700 a 799m
800 a 899m
900 a 999m
1000 a 1099m
1100 a 1199m
1200 a 1299m
1300 a 1399m
1400 a 1499m
1500 a 1599m
1600 a 1697m

Mapa Hipsométrico

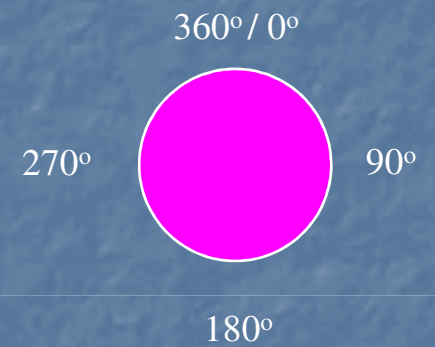
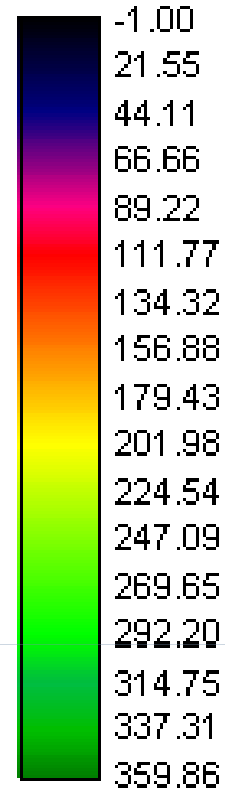
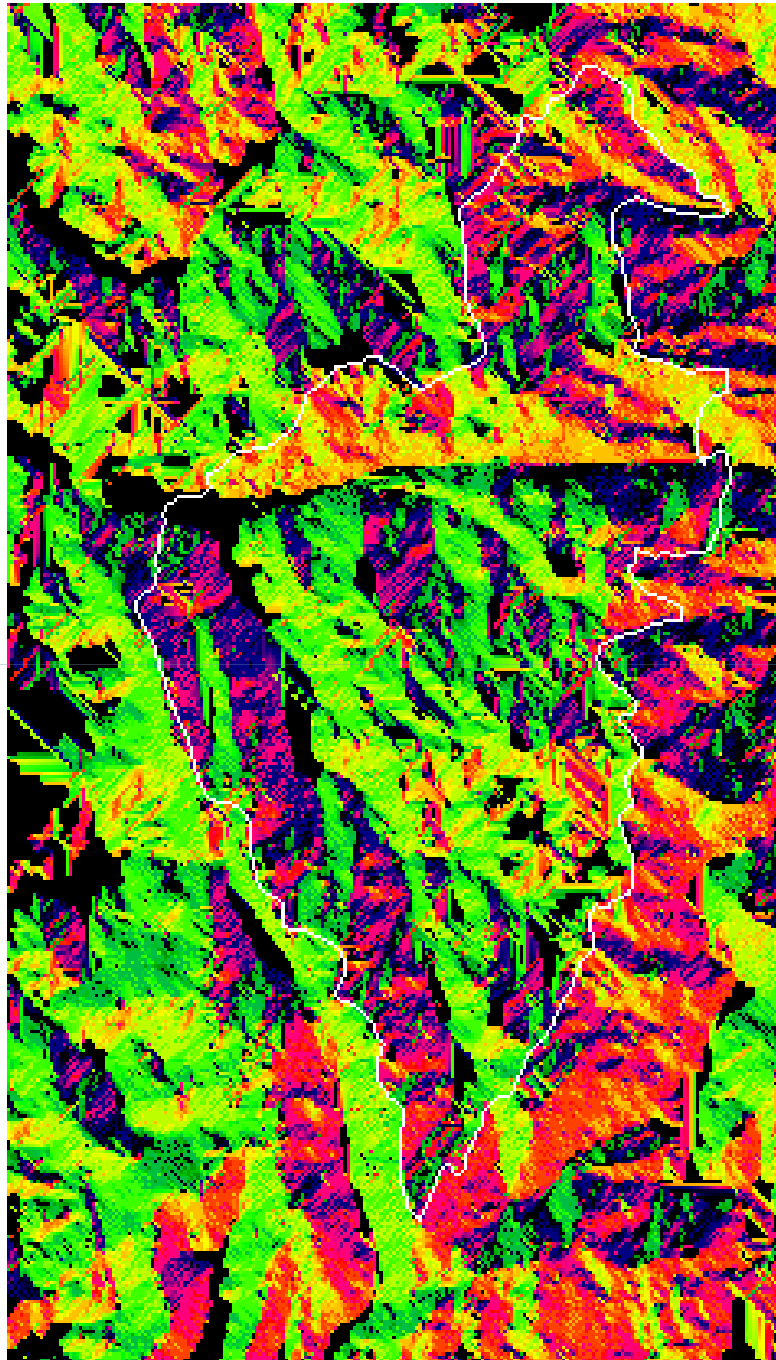


**Analisando-se a  
imagem MNT  
chega-se a uma  
imagem de  
declividade (em  
graus, nesse caso)**



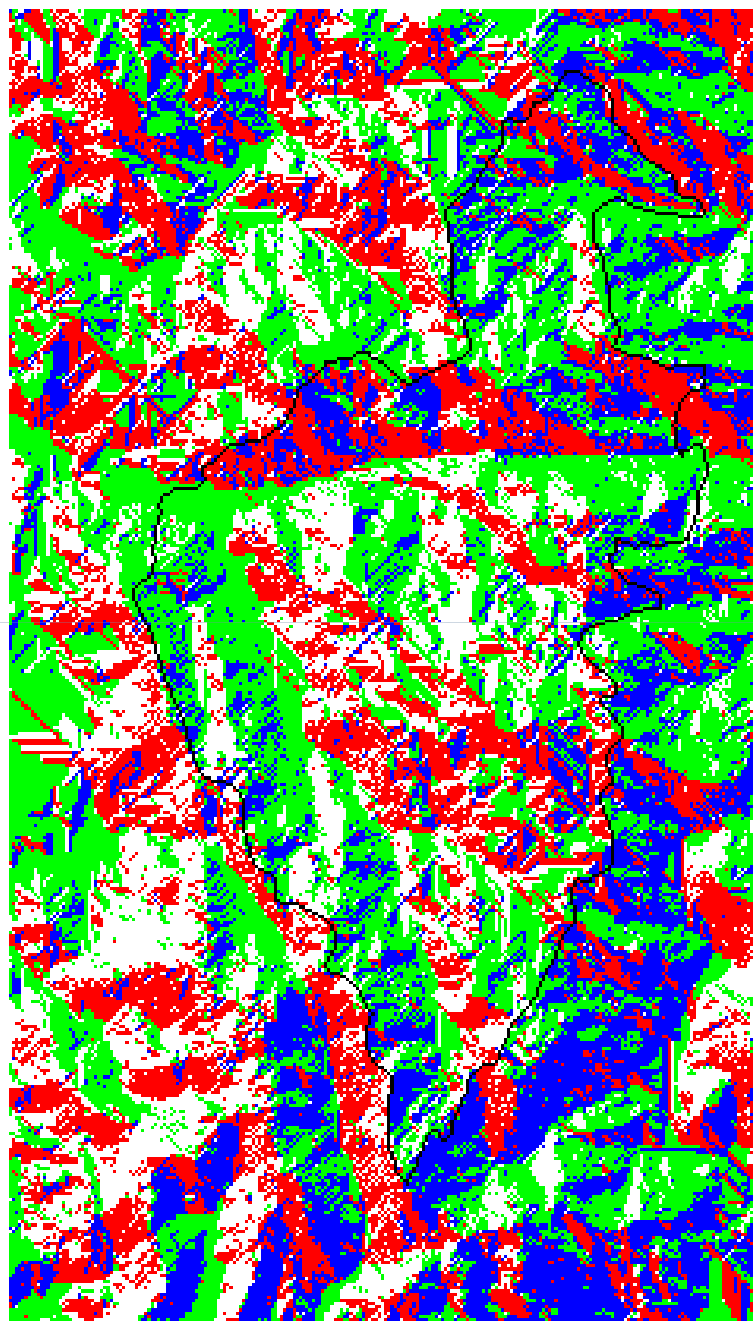
- plano
- 1 a 9,9 graus
- 10 a 19,9 graus
- 20 a 29,9 graus
- 30 a 65 graus

**Mapa Clinográfico**

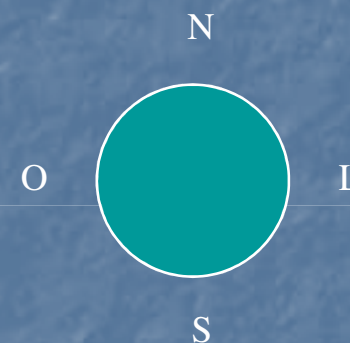


**Imagem da  
orientação de  
vertentes (em  
graus) de toda a  
área.**





- de N a L
- de L a S
- de S a O
- de O a N



**Mapa de classes de  
Orientação de Vertentes  
(sentido horário)**