

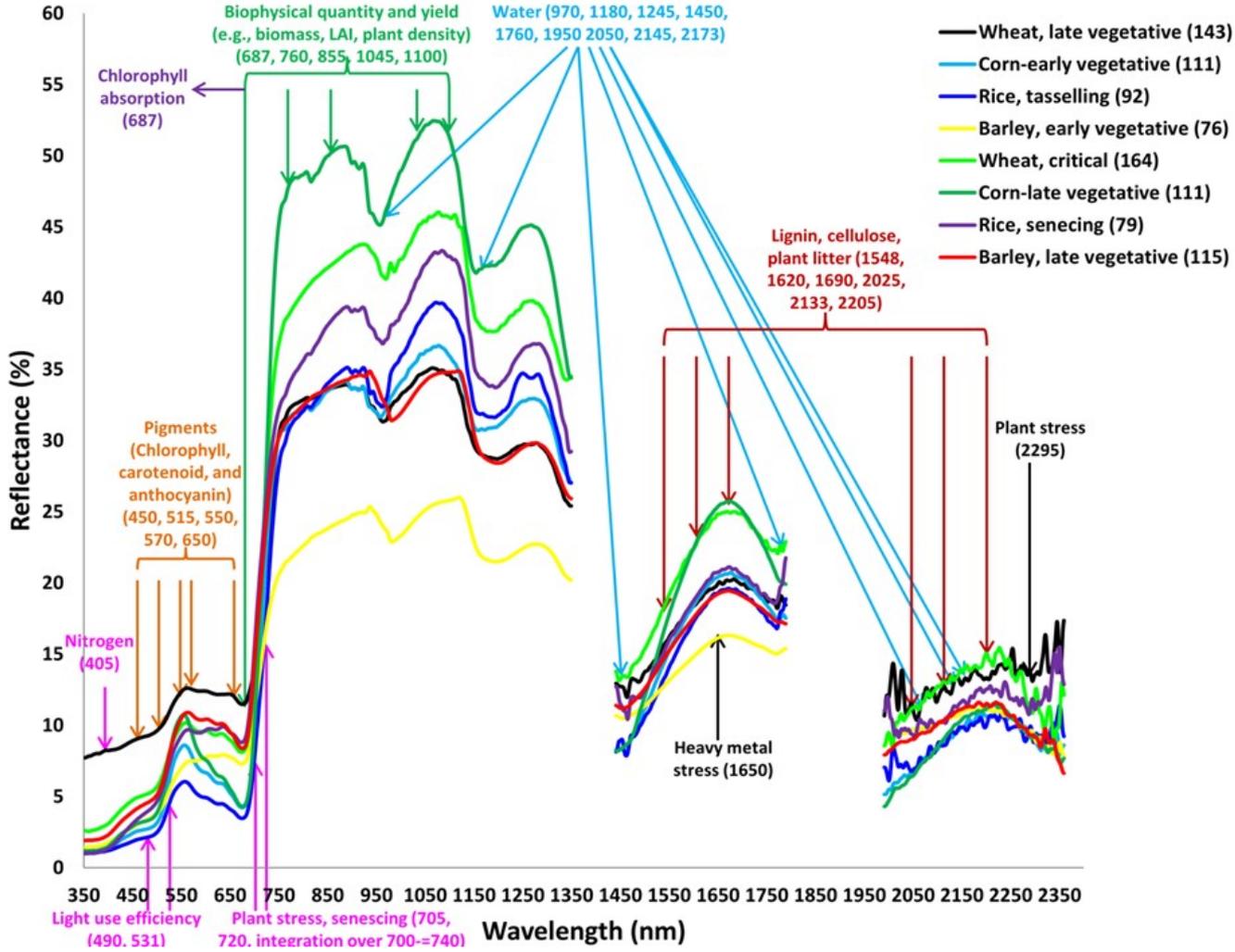
Comportamento Espectral dos Objetos Terrestres: fatores intrínsecos e externos

Prof. Dr. Fernando Shinji Kawakubo

Sumário

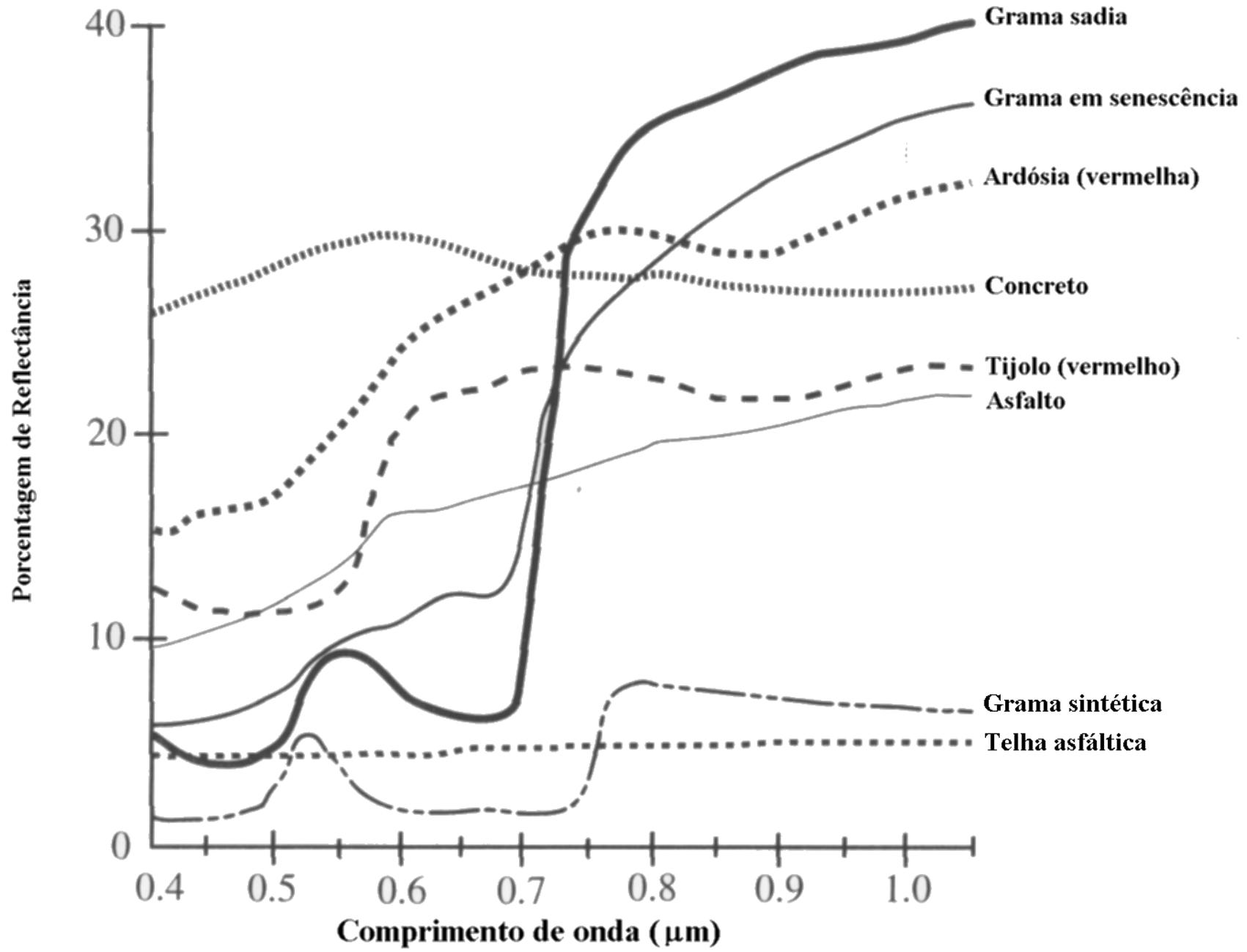
- Comportamento espectral dos objetos: conceito e importância.
- Estrutura da folha e a atuação dos pigmentos foliares.
- Efeito da secagem e senescência.
- Comportamento espectral de alvos agrícolas e urbanos.
- Geometria de iluminação e de visada.
- Índices de vegetação

Cultivos Agrícolas

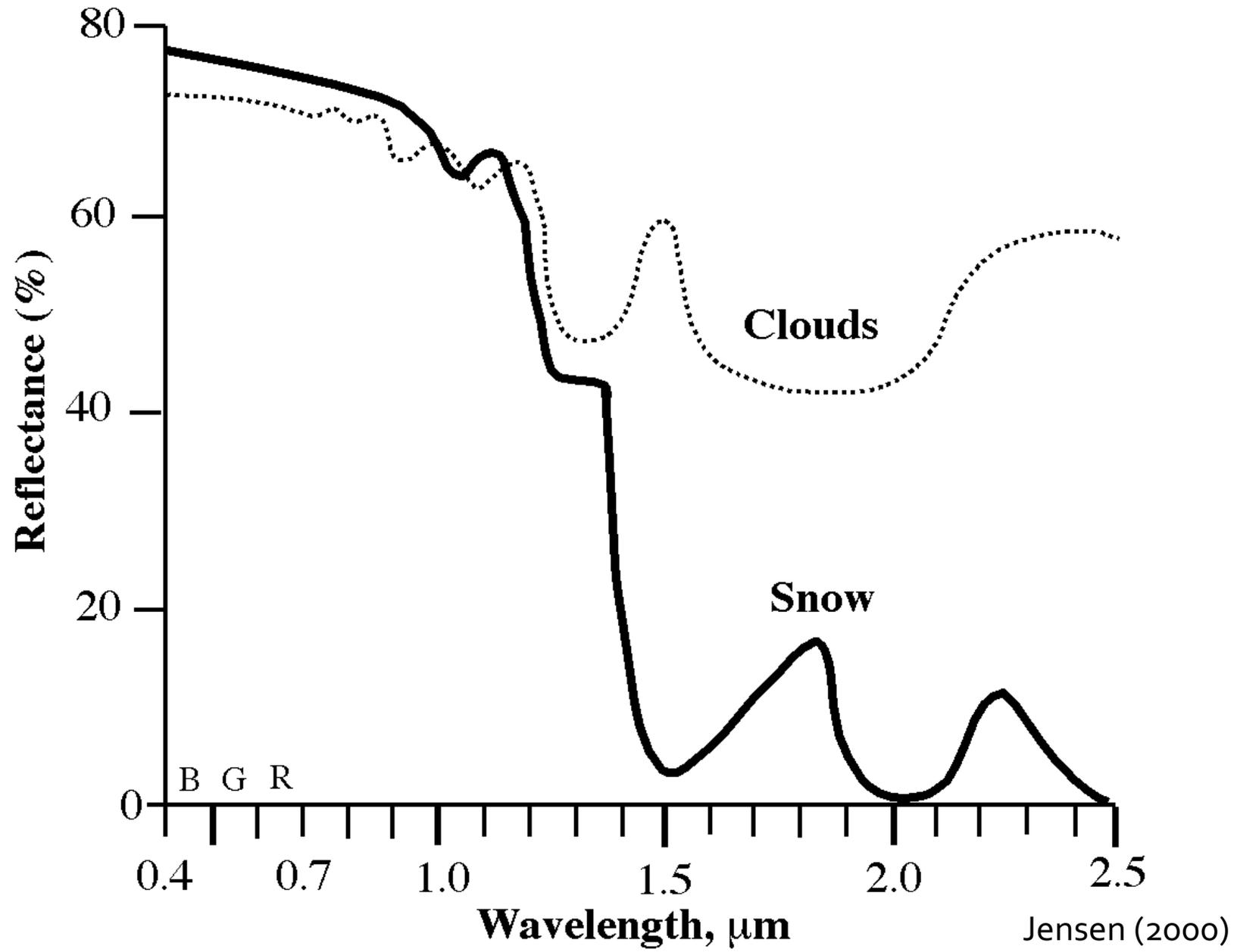


<https://www.usgs.gov/media/images/hyperspectral-signatures-o>
 Modified and adopted from:
 Thenkabail, P.S., Mariotto, I., Gumma, M.K., Middleton, E.M., Landis, and D.R., Huemmrich, F.K., 2013.
 Selection of hyperspectral narrowbands (HNBs) and composition of hyperspectral twoband vegetation indices (HVIs) for biophysical characterization and discrimination of crop types using field reflectance and Hyperion/EO-1 data.
 IEEE JOURNAL OF SELECTED TOPICS IN APPLIED EARTH OBSERVATIONS AND REMOTE SENSING, Pp. 427-439, VOL. 6, NO. 2, APRIL 2013. doi: 10.1109/JSTARS.2013.2252601. (80%). IP-037139.

Objetos Urbanos

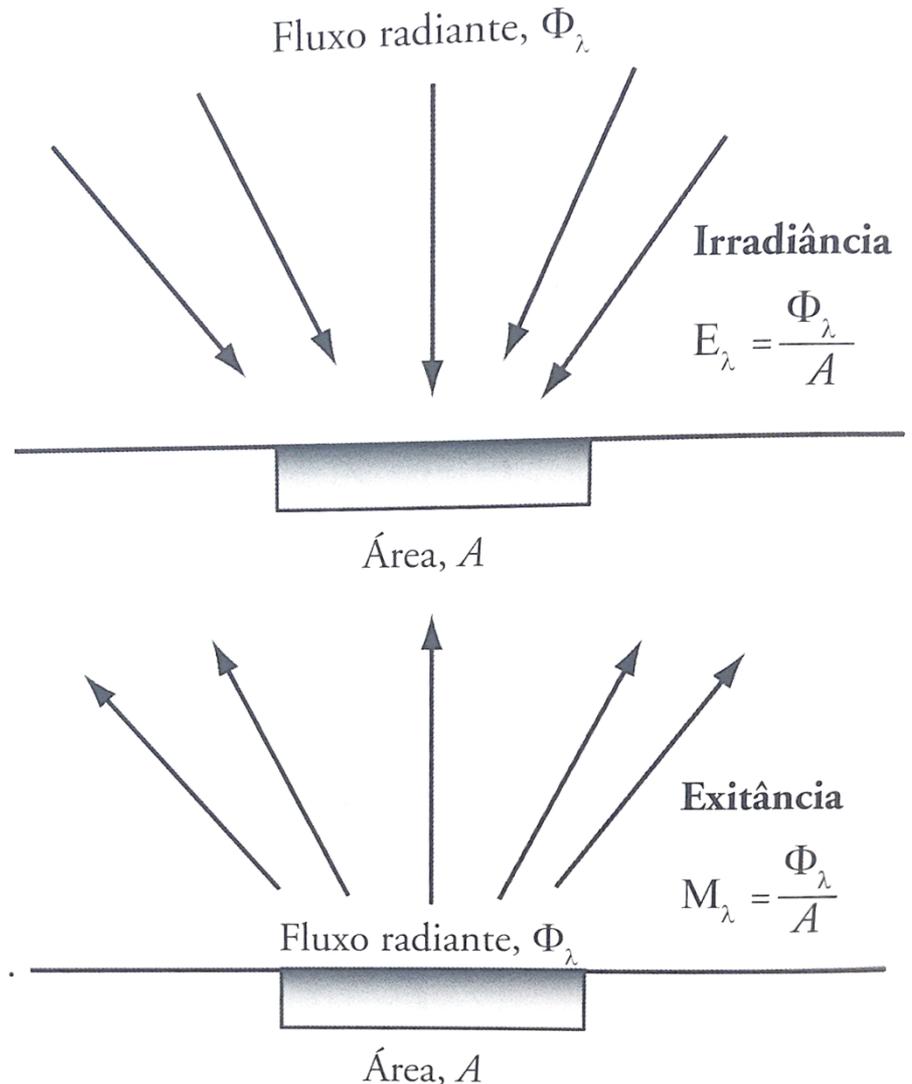


Nuvem e Neve



Medição da Radiação: Fluxo Radiante, Radiância e Reflectância

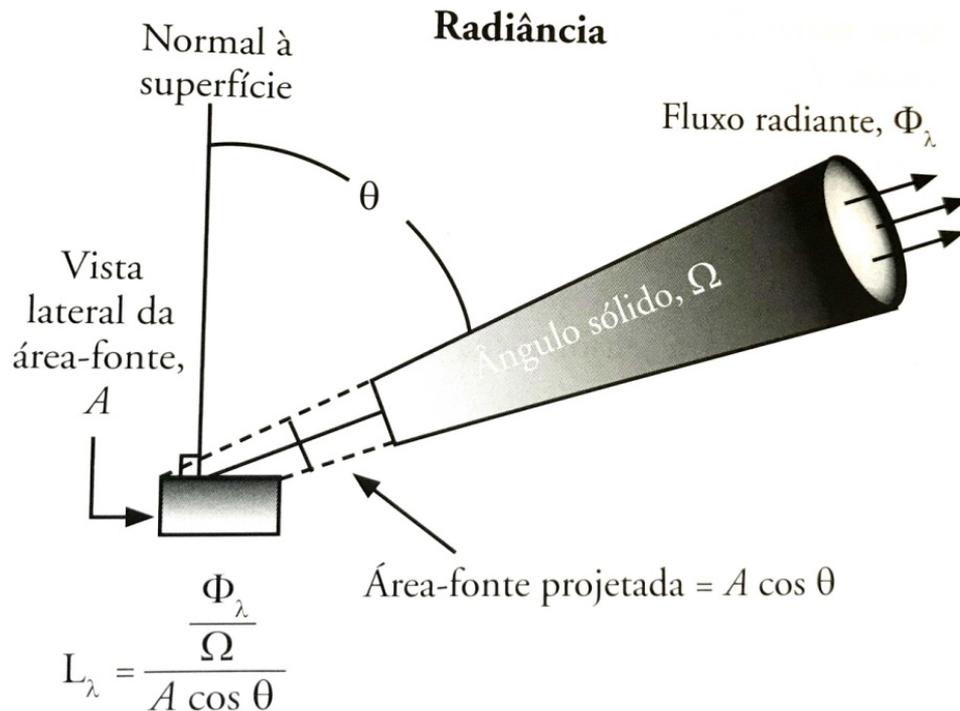
Fluxo Radiante:
Quantidade de energia incidente
ou que deixa a superfície por unidade
de área da superfície medida em
Watts por metro quadrado (Wm^{-2}).



Medição da Radiação: Fluxo Radiante, Radiância e Reflectância

Radiância:

Intensidade radiante por unidade de área fonte projetada numa direção específica. Medida em Watts por metro quadrado por esterradiano (Wm^{-2})



Medição da Radiação: Radiância , Fluxo Radiante e Reflectância

Reflectância:

É a proporção entre o fluxo de radiação eletromagnética incidente numa superfície e o fluxo que é refletido. Formalmente é descrito como:

$$R = Fr / Ft$$

onde:

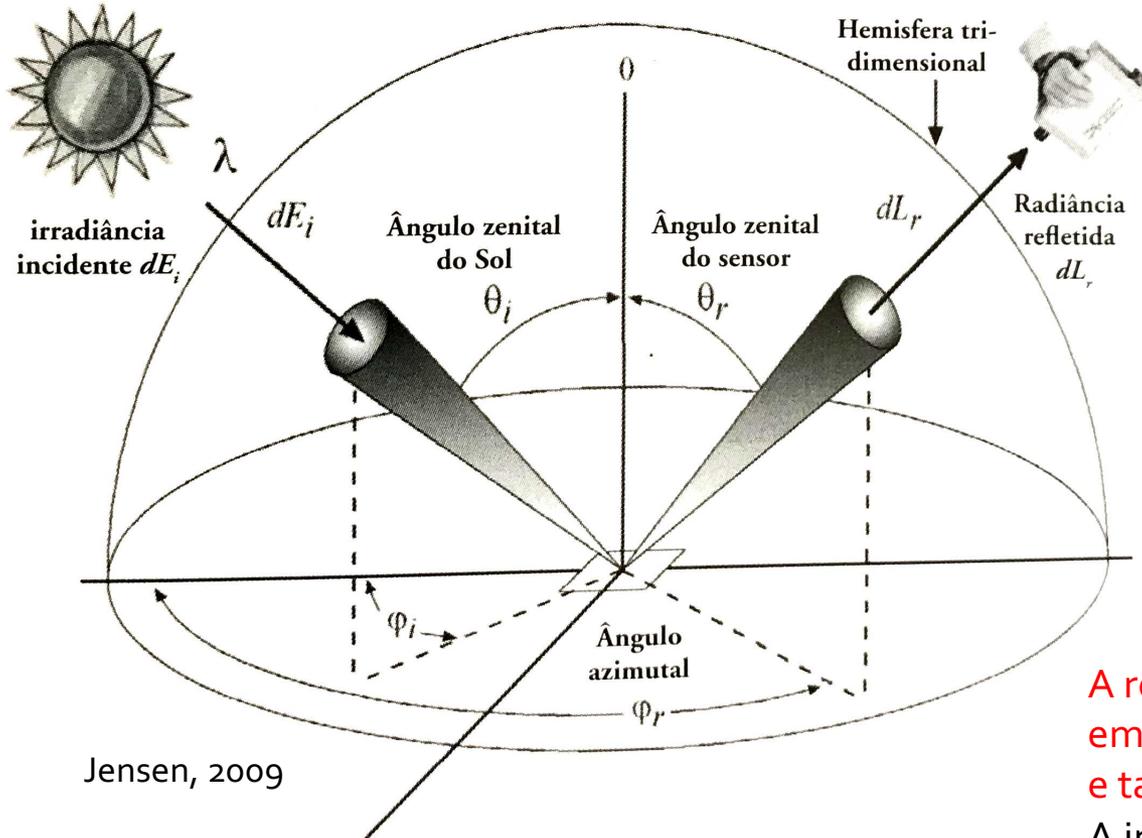
R: reflectância

Fr: Fluxo de radiação eletromagnética refletido

Ft: Fluxo de radiação eletromagnética incidente.

Como os Objetos Aparecem na Imagem?

Depende da Iluminação Solar e da Geometria de Aquisição dos dados



A reflectância de um objeto varia em função do ângulo de observação e também da geometria de iluminação. A interação destas duas componentes é descrita pela **Função de Distribuição da Reflectância Bidirecional (FDRD)**.

Como os Objetos Aparecem na Imagem?

Depende da Iluminação Solar e da Geometria de Aquisição dos dados

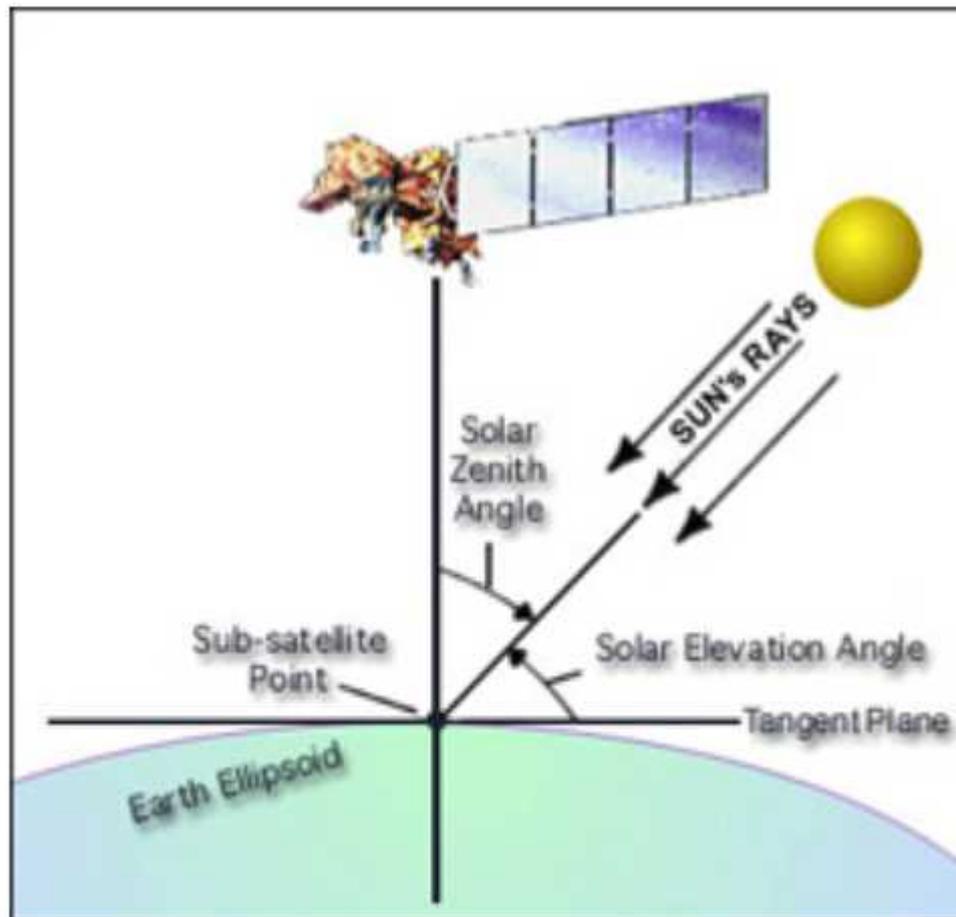


Figure 6.5 - Sun Elevation Angle

Landsat 7 Science Data Users Handbook

https://landsat.gsfc.nasa.gov/wp-content/uploads/2016/08/Landsat7_Handbook.pdf

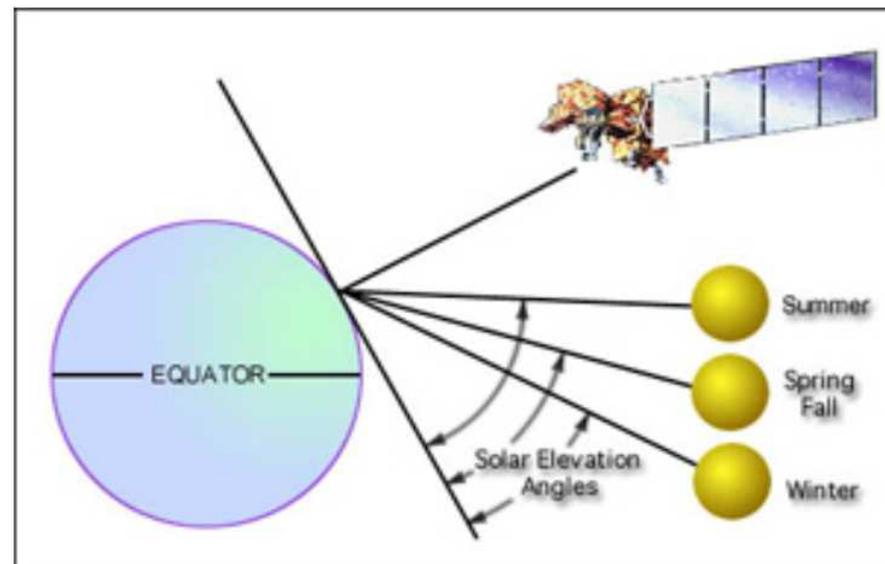


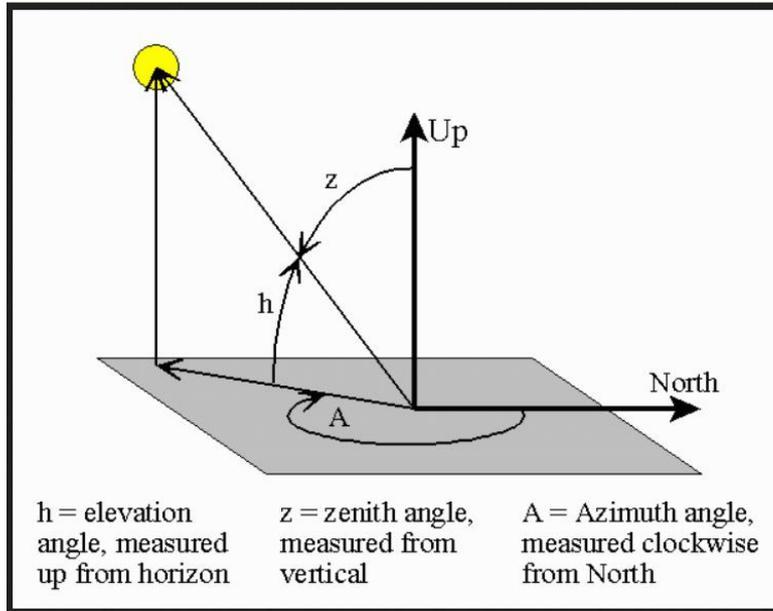
Figure 6.6 - Effects of Seasonal Changes on Solar Elevation Angle

Dependendo da localização, algumas áreas podem não ter imagens em razão do baixo ângulo de elevação solar. É esperado que imagens obtidas acima de 30 graus de elevação solar forneçam informações consistentes do objeto.

Imagens abaixo de 15 graus não são obtidas pelo L7.

Como os Objetos Aparecem na Imagem?

Depende do ângulo de Elevação Solar e de Azimute



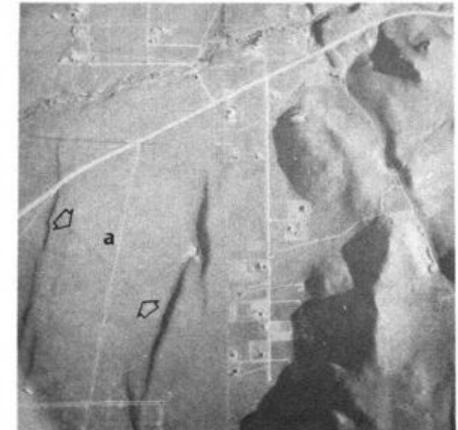
(4a)
 February 8, 1974
 Solar altitude 20°
 Solar azimuth 133°
 Local solar time 0900



(4b)
 February 15, 1974
 Solar altitude 25°
 Solar azimuth 134°
 Local solar time 0913



(4c)
 March 22, 1974
 Solar altitude 33°
 Solar azimuth 123°
 Local solar time 0900



(4d)
 April 12, 1974
 Solar altitude 11°
 Solar azimuth 88°
 Local solar time 0630

WALKER, P. M.; TREXLER, D. T. Low Sun-Angle Photography.
 PHOTOGRAMMETRIC ENGINEERING & REMOTE SENSING, 1977

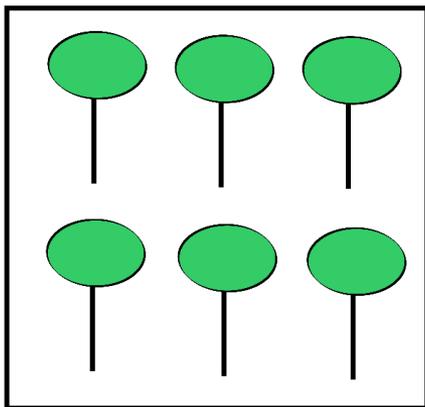
FIG. 4. Reno test site sequential low sun-angle photography. Original scale 1:12,000.

Como os Objetos Aparecem na Imagem?

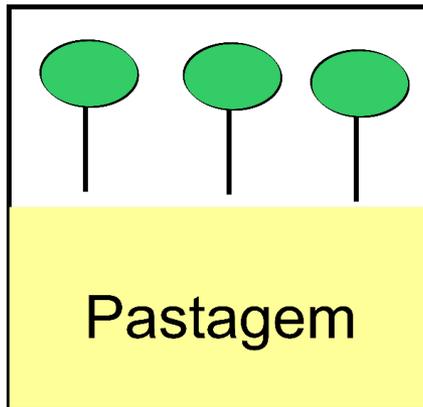
Depende da Resolução Espacial

Efeito de Mistura do Pixel

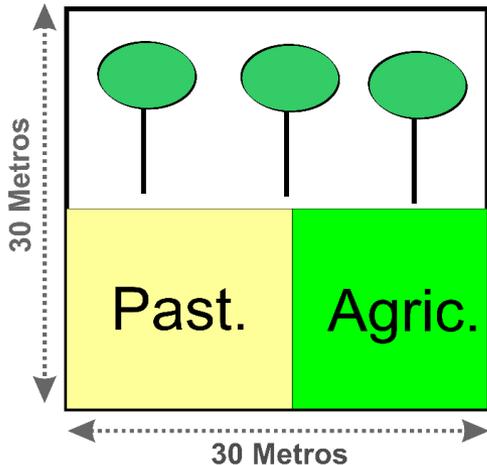
100% (Floresta)



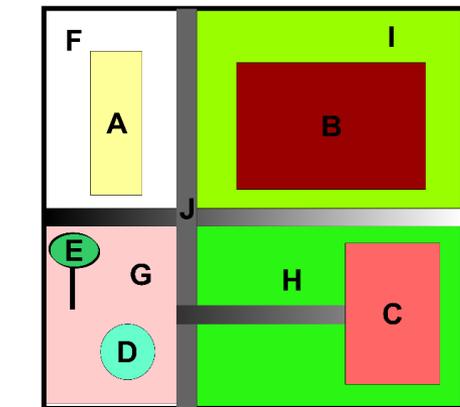
50% (Flor.) + 50% (Past.)



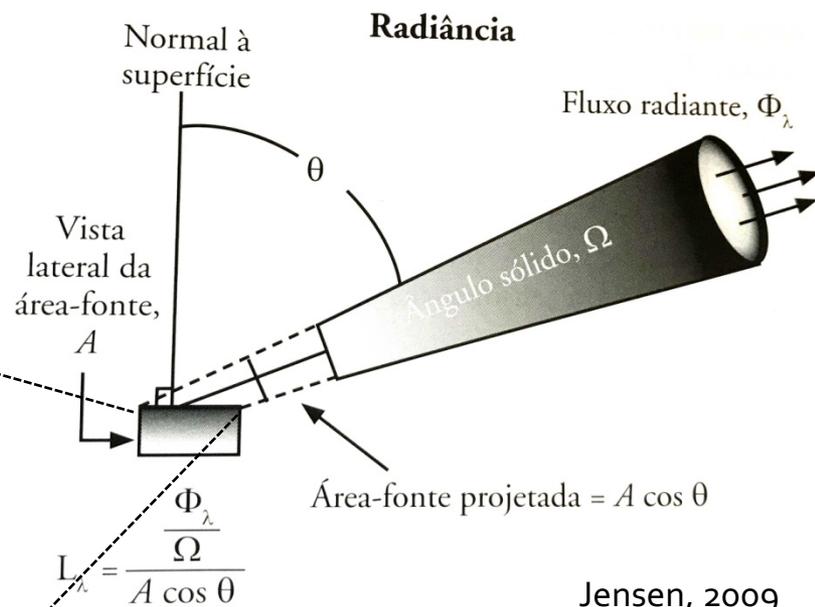
50% (Flor.) + 25% (Past.) + 25% (Agr.)



Área Urbana (A + B + C + ...)



A + B + C + D + E + F + G + H + I + J

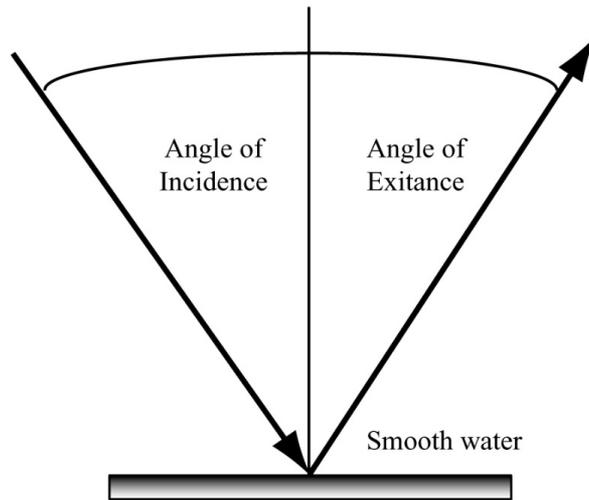


Especialmente em aplicações urbanas, uma resolução espacial maior é desejável com o objetivo de diminuir o efeito de mistura.

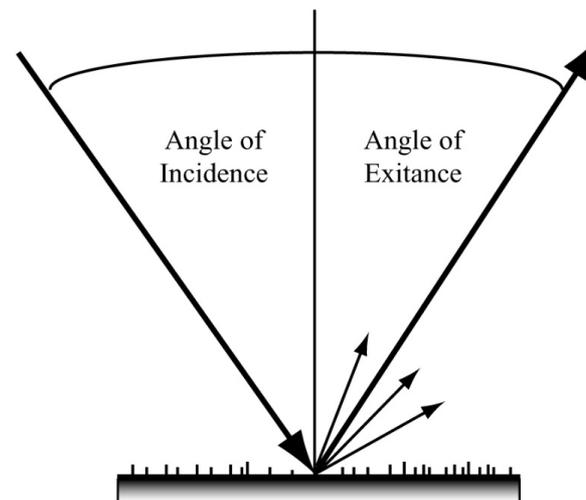
Interação da REM com o objeto

Variações na reflexão

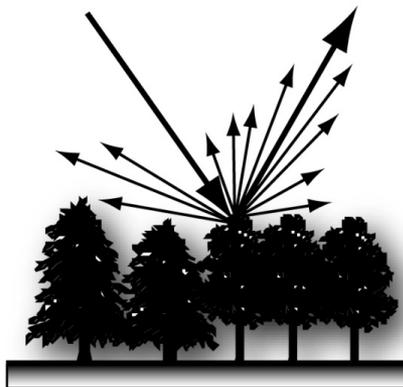
Specular versus Diffuse Reflectance



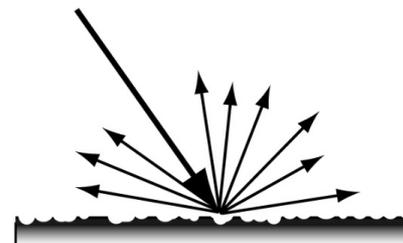
a. Perfect specular reflector.



b. Near-perfect specular reflector.



c. Near-perfect diffuse reflector.



d. Perfect diffuse reflector, or Lambertian surface.

Como os Objetos Aparecem na Imagem?

Depende da Estrutura e Composição do Dossel Vegetacional



<https://thereview.ca/2019/05/13/municipalities-point-to-counties-official-plan-for-municipal-tree-canopy-and-vegetation-policy/>



<https://fineartamerica.com/featured/aspen-tree-canopy-2-ron-dahlquist.html>

O dossel constitui a parte aérea da vegetação. O seu estudo é importante porque a radiação interage principalmente com os estratos superiores. **Dependo de sua configuração, pode haver maior penetração da radiação ou reflexão.**

Em florestas tropicais, o dossel é caracterizado por uma rica diversidade de espécies e composições de materiais (folhas, troncos, galhos) e clareiras. Esta diversidade e a alta densidade de cobertura faz com que a radiação interaja com os diversos elementos da floresta, tornando a interação extremamente complexa.

Em campos de agricultura, alguns fatores importantes são: altura do cultivo, geometria de plantio, manejo, estágio de desenvolvimento do cultivo, etc.

O comportamento da reflectância do dossel é uma combinação principalmente das características do **dossel + geometria de iluminação + ângulo de observação.**

Como os Objetos Aparecem na Imagem?

Depende da Estrutura e Composição do Dossel Vegetacional

Importância da orientação angular das folhas

- Planófila (< 30 graus)
- Erectófila (> 60 graus)
- Plagiófila (30 – 60 graus)
- Extremófila (30 – 60 graus com inclinação para baixo)

Comportamento geral:

- Quanto maior a interação com as camadas ou estratos foliares, maior a absorção da energia no VIS e maior a reflexão no NIR.
- As estruturas planófilas apresentam menor variação de refletância com as variações nos ângulos zenital solar de visada.
- Nas estruturas Erectofilas, a reflectancia decresce com o aumento do ângulo zenital solar no VIS e aumenta no NIR uma vez que a radiação passa a interagir com maior eficiência na porção superior do estrato.

Fonte: Ponzoni, F. J.; Shimabukuro, Y. E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos: Parêntese, 2009.

Como os Objetos Aparecem na Imagem?

Depende da Estrutura e Composição do Dossel Vegetacional

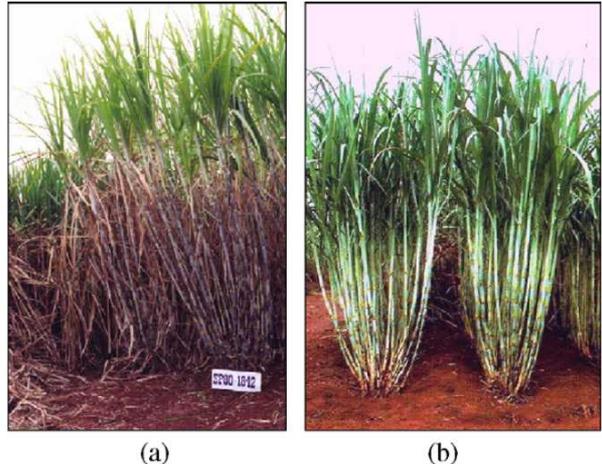
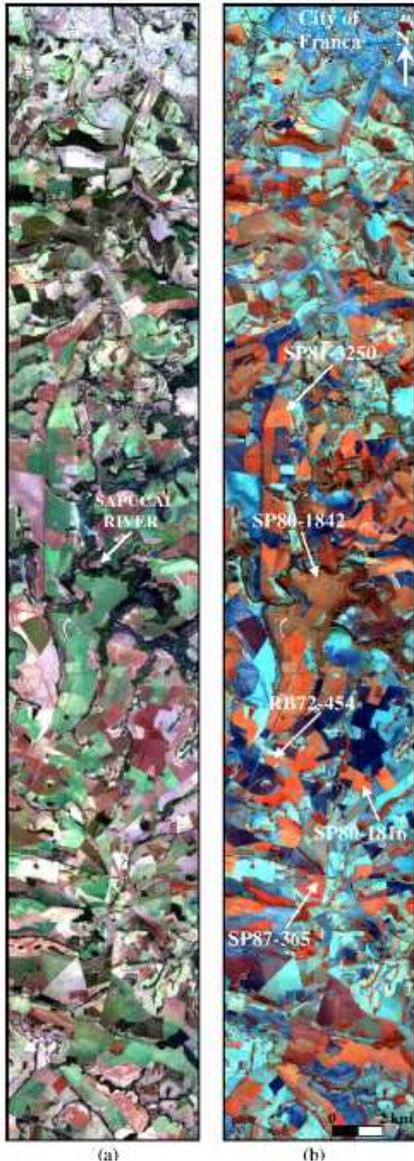
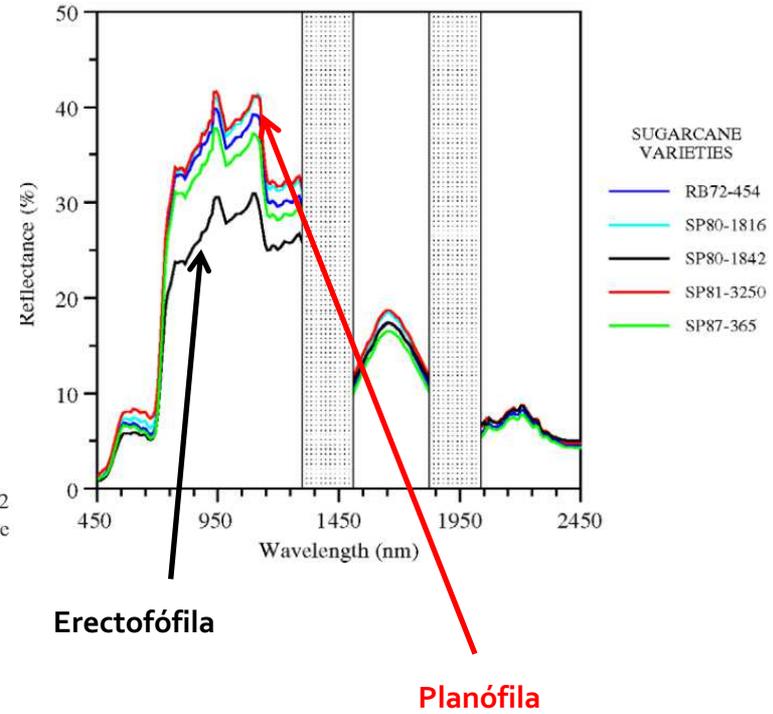


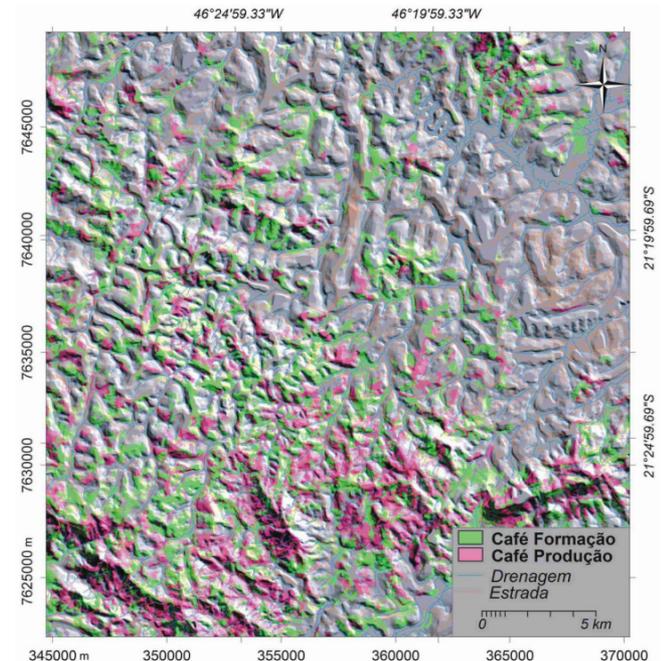
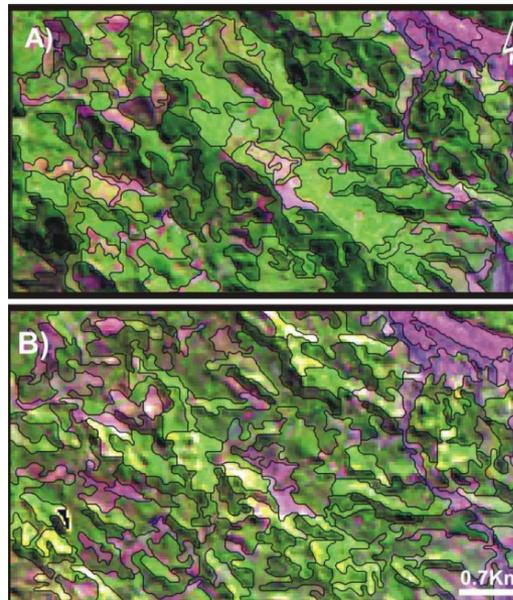
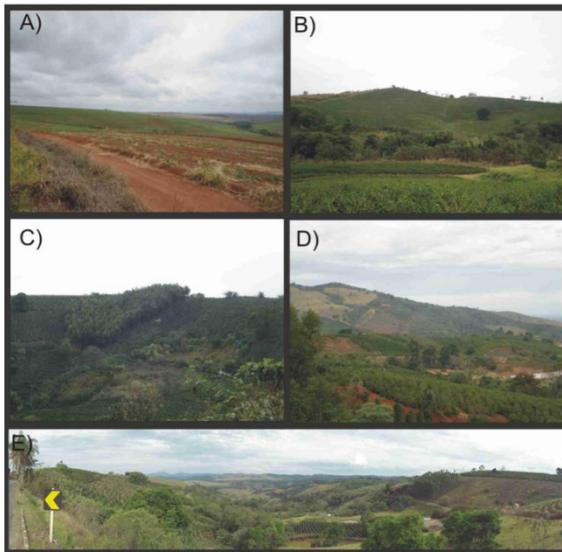
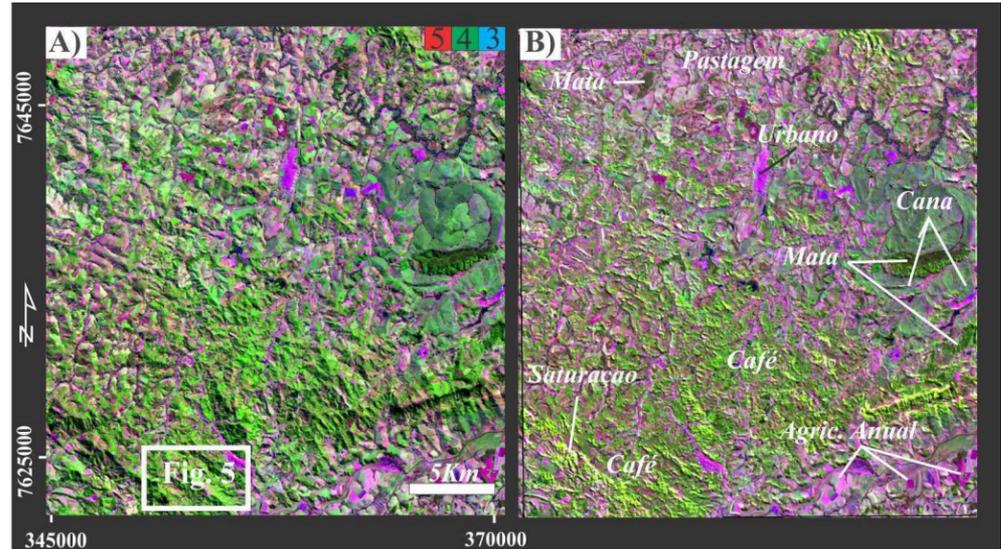
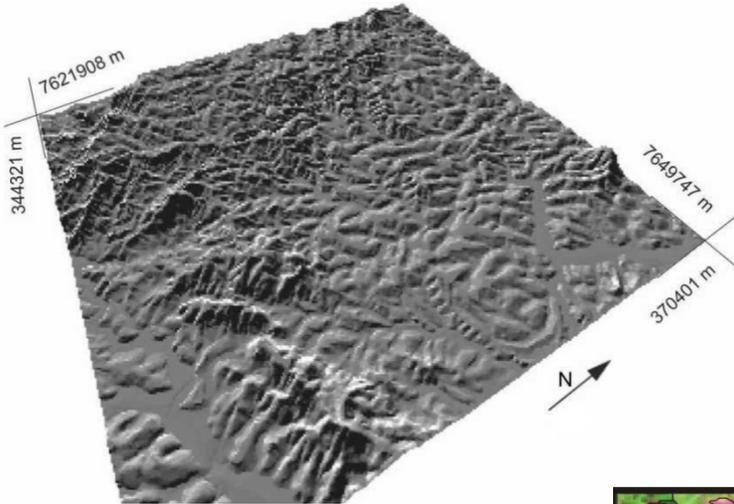
Fig. 3. Canopy architecture differences for the varieties (a) SP80-1842 (erectophile) and (b) SP81-3250 (planophile) with extreme average reflectance response in Fig. 2. Source: Copersucar (2004).



Galvão, L. S.; Formaggio, A. R.; Tisot, D. A. Discrimination of sugarcane varieties in Southeastern Brazil with EO-1 Hyperion data. **Remote Sensing of Environment**, 94 (2005) 523–534. DOI: doi:10.1016/j.rse.2004.11.012

Como os Objetos Aparecem na Imagem?

Depende da Disposição do Relevo



Como os Objetos Aparecem na Imagem?

Depende da Resolução Espectral

Landsat 5 Thematic Mapper Data of Charleston, SC



a. Band 1.



b. Band 2.



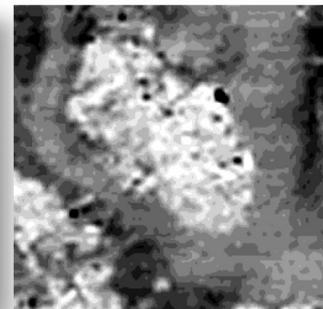
c. Band 3.



d. Band 4.



e. Band 5.



f. Band 6 (thermal infrared).



g. Band 7.

No sistema multiespectral, as imagens obtidas nos diferentes intervalos de comprimento de onda fornecem informações complementares para a caracterização e mapeamento do uso da terra/cobertura vegetal.

Índices de Vegetação

Groups of indices	Abbreviation	Index name	Citation
Broadband greenness	NDVI ^{a)}	Normalized Difference Vegetation Index	Rouse et al 1973
	SR ^{a)}	Simple Ratio Index	Rouse et al 1973
	EVI ^{a)}	Enhanced Vegetation Index	Huete et al 1997
	ARVI ^{a)}	Atmospherically Resistant Vegetation Index	Kaufman and Tanre 1992
Narrowband greenness	NDVI ₇₀₅	Red Edge Normalized Difference Vegetation Index	Gitelson and Merzlyak 1994
	mSR ₇₀₅	Modified Red Edge Simple Ratio Index	Datt 1999
	mNDVI ₇₀₅	Modified Red Edge Normalized Difference Vegetation Index	Datt 1999
	VOG1	Vogelmann Red Edge Index 1	Vogelmann et al 1993
	VOG2	Vogelmann Red Edge Index 2	Vogelmann et al 1993
	VOG3	Vogelmann Red Edge Index 3	Vogelmann et al 1993
Light use efficiency	PRI	Photochemical Reflectance Index	Gamon et al 1992
	SIPI	Structure Insensitive Pigment Index	Peñuelas et al 1995
Canopy nitrogen	NDNI	Normalized Difference Nitrogen Index	Fourty et al 1996
Dry or senescent carbon	NDLI	Normalized Difference Lignin Index	Fourty et al 1996
	CAI	Cellulose Absorption Index	Nagler et al 2003
	PSRI	Plant Senescence Reflectance Index	Merzlyak et al 1999
Leaf pigments	CRI1	Carotenoid Reflectance Index 1	Gitelson et al 2002
	CRI2	Carotenoid Reflectance Index 2	Gitelson et al 2002
	ARI1	Anthocyanin Reflectance Index 1	Gitelson et al 2001
	ARI2	Anthocyanin Reflectance Index 2	Gitelson et al 2001
Canopy water content	WBI	Water Band Index	Peñuelas et al 1995
	NDWI	Normalized Difference Water Index	Gao 1996
	MSI	Moisture Stress Index	Rock et al 1985
	NDII	Normalized Difference Infrared Index	Hardisky et al 1983
Bioradiometric index	CCI	Chlorophyll Content Index	Campbell et al 1990
	fAPAR	Fraction of absorbed photosynthetically active radiation	Moneith 1977

^{a)}To implement these data in multispectral/hyperspectral indices, we used the following ranges of wavelength bands: for red, 600–700 nm; for green, 500–600 nm.

Os índices de vegetação visam realçar determinados componentes constituintes

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)



Fórmula:

$$\text{NDVI} = \frac{(\text{Near IR band} - \text{Red band})}{(\text{Near IR band} + \text{Red band})}$$

$$\text{NDVI (TM)} = \frac{(\text{TM}_4 - \text{TM}_3)}{(\text{TM}_4 + \text{TM}_3)}$$

O NDVI é um dos índices mais utilizados em razão das vantagens que oferece, compensando os seguintes efeitos:

Mudanças de iluminação;

Disposição do relevo

Variações no ângulo de visada

Desvantagens:

Sofre com problema de saturação em áreas de densa sobertura vegetal;

É sensível a variação da cor do solo.

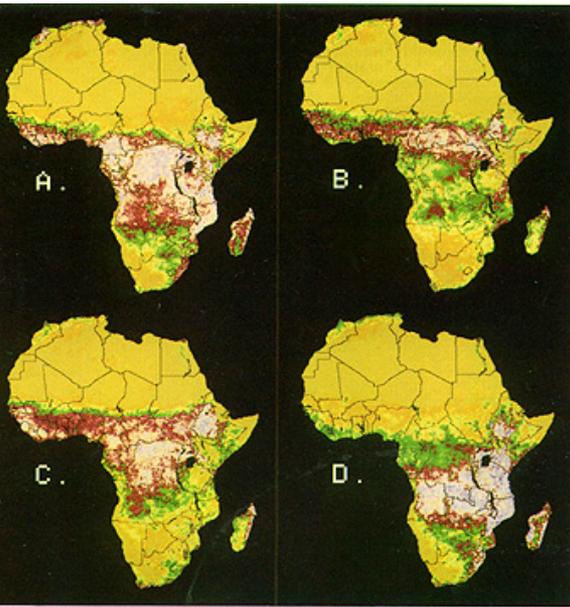
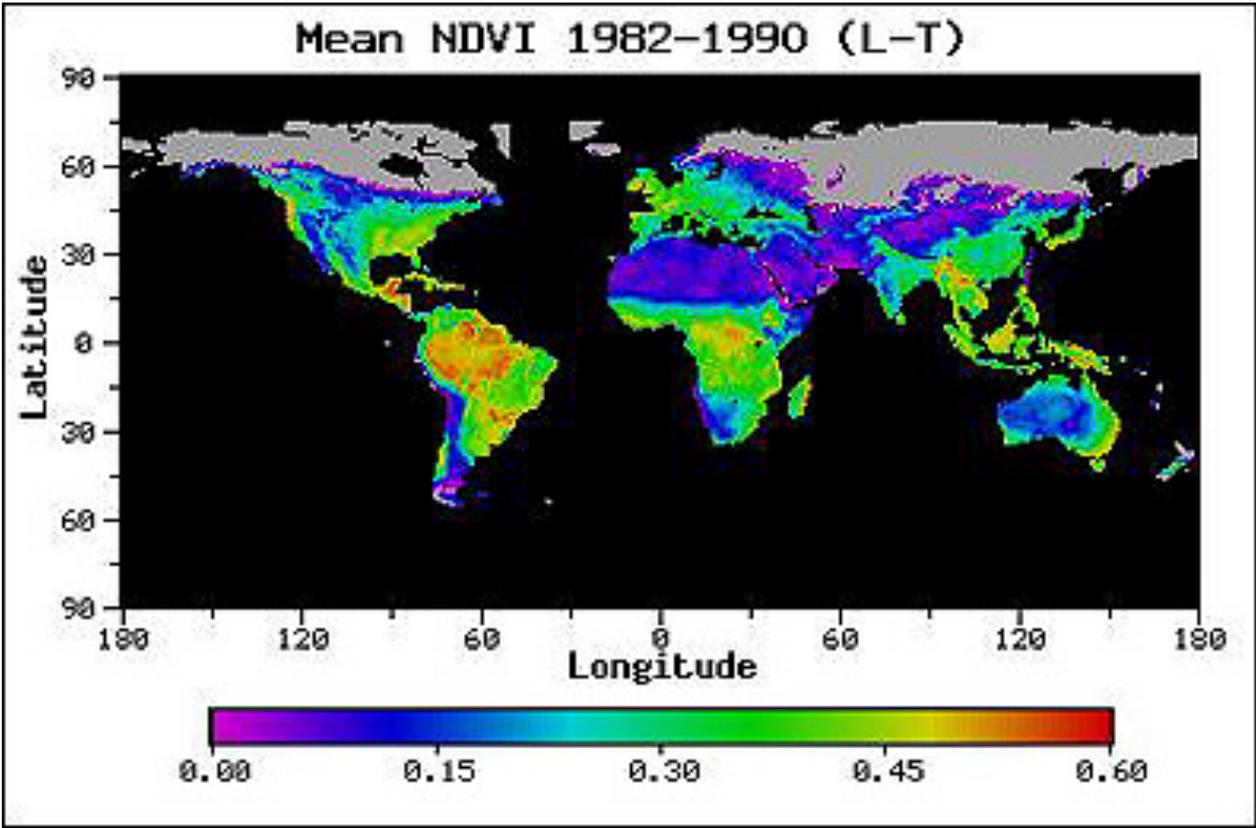
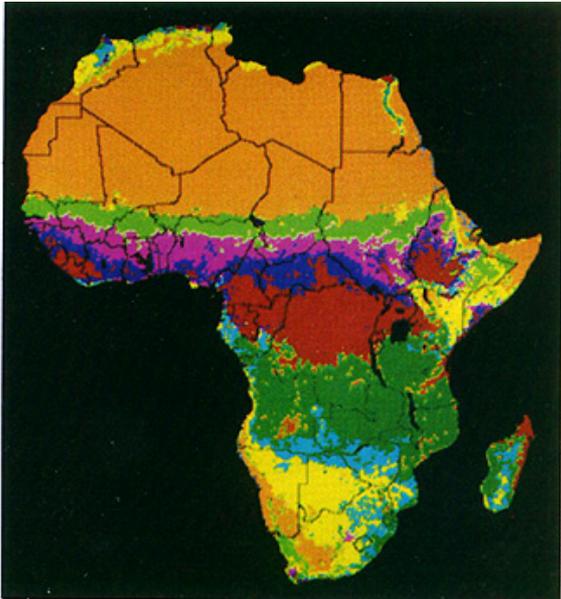
O NDVI varia de -1,0 à +1

Solo exposto = $\leq 0,1$

Vegetação esparsa ou cultivos em senescência = 0,2 - 0,5

Florestas tropicais e cultivos no pico de desenvolvimento = 0,6- 0,9.

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)



Jensen (2000)

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

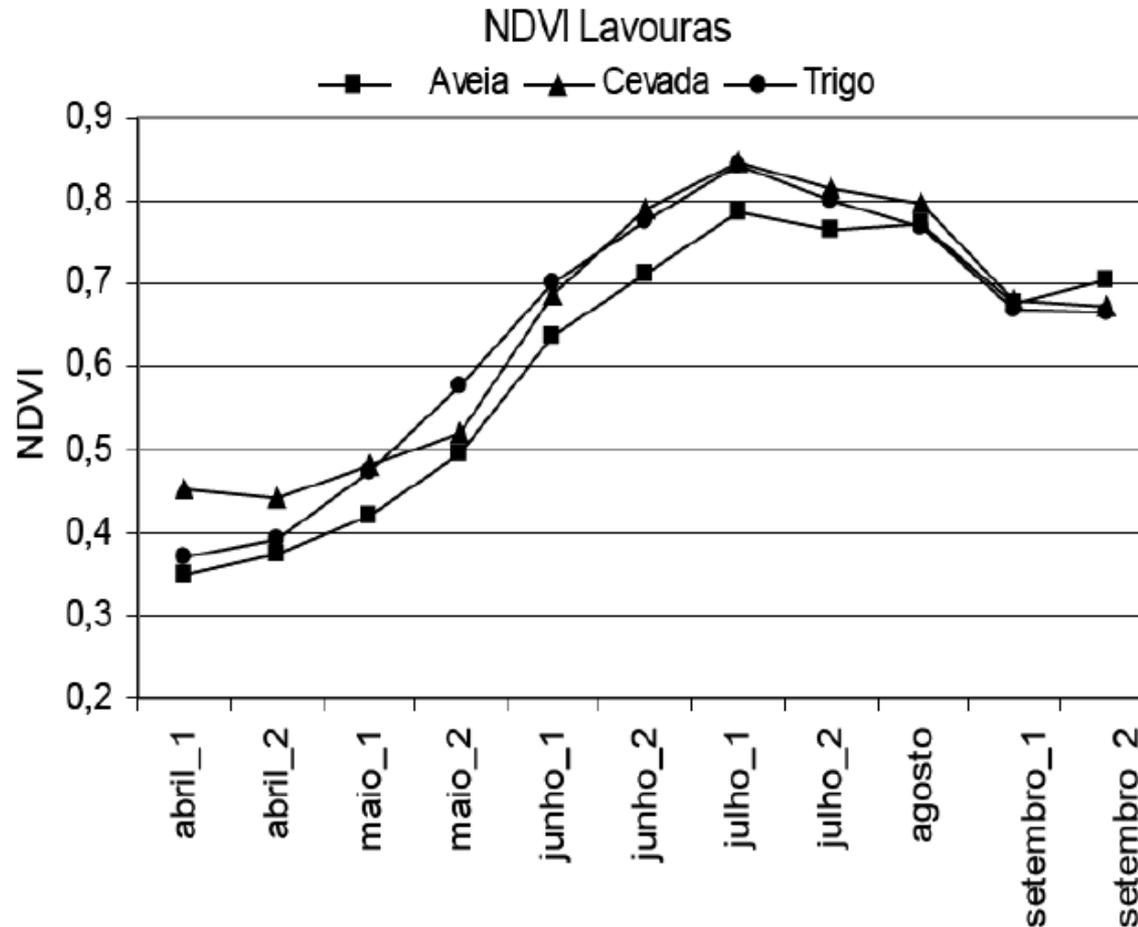


Figura 1 - Perfis temporais de NDVI obtidos em pontos de referência sobre lavouras de aveia, cevada e trigo. Região de abrangência da Cotrijal, 2006.

Junges, A. H.; Fontana, D. C. Avaliação do desenvolvimento das culturas de cereais de inverno no Rio Grande do Sul por meio de perfis temporais do índice de vegetação por diferença normalizada. Cienc. Rural vol.39 no.5 Santa Maria Aug. 2009 Epub June 19, 2009

Índice de Vegetação EVI

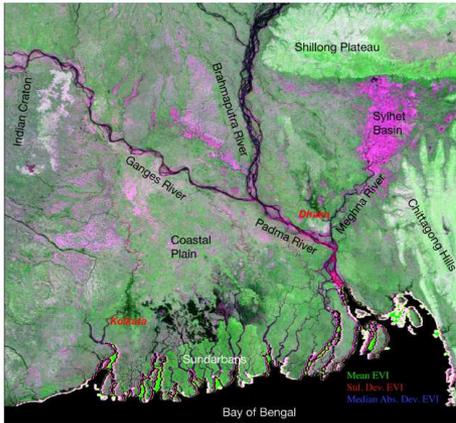


Fig. 1. Vegetation distribution of the Ganges-Brahmaputra delta derived from 10 years of MODIS EVI imagery. This temporal moment composite shows consistently densely vegetated areas (green), densely vegetated with high variability (white) and high variability with less vegetation (magenta). Decadal temporal statistics are derived from 243 EVI composites with 250 m spatial and 16 day temporal resolution.

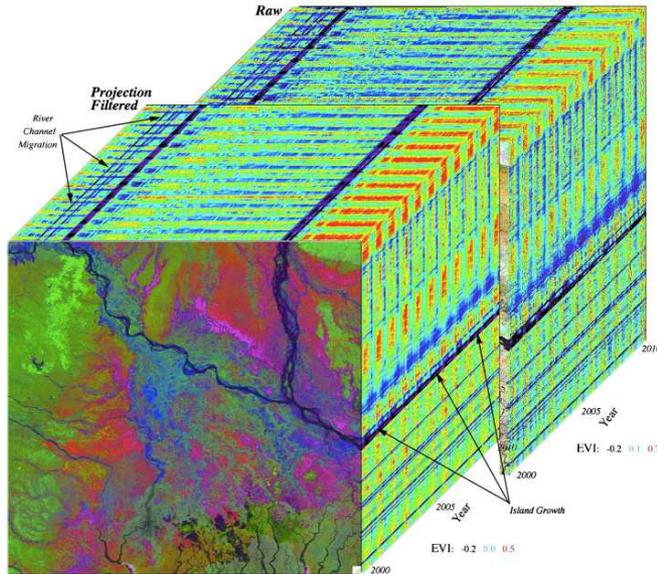
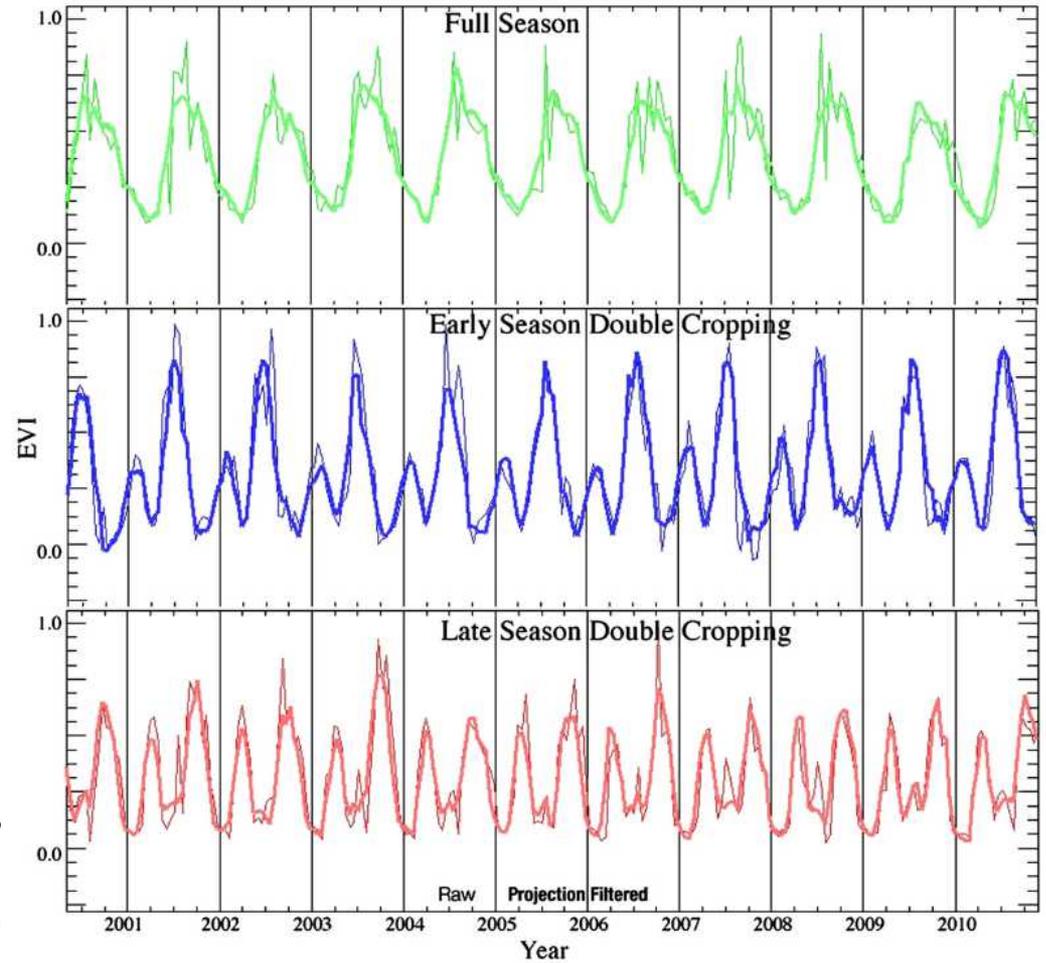


Fig. 7. Time-Space cube for a subset of the Ganges-Brahmaputra EVI image time series. The front face is a false color composite of temporal endmember fractions from Fig. 5. The side faces show a decade of spatial-temporal phenology comparing the projection filtered and raw EVI for edge pixels. Note spatial consistency of interannual variability and interannual evolution of areas near the rivers.



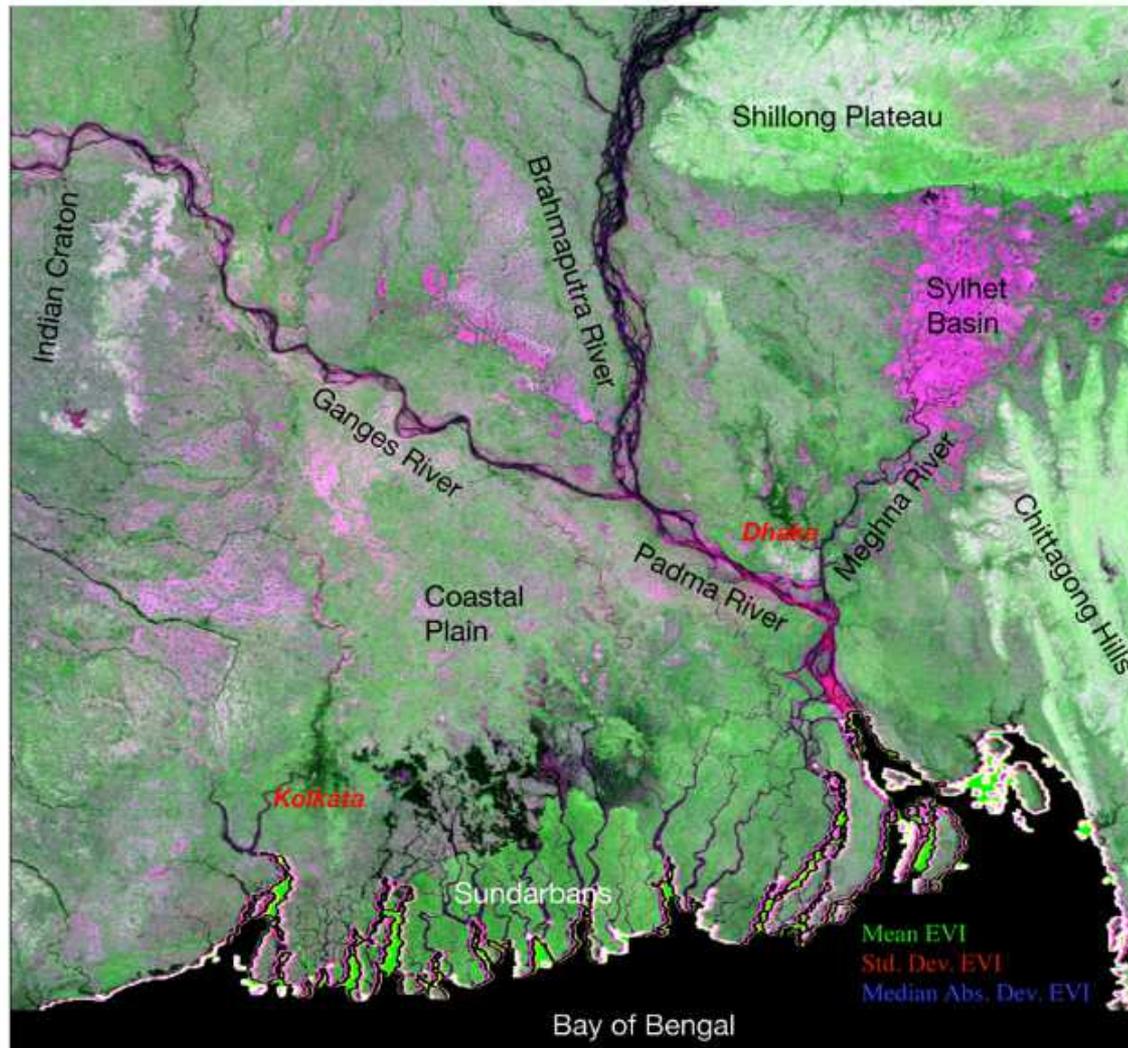


Fig. 1. Vegetation distribution of the Ganges–Brahmaputra delta derived from 10 years of MODIS EVI imagery. This temporal moment composite shows consistently densely vegetated areas (green), densely vegetated with high variability (white) and high variability with less vegetation (magenta). Decadal temporal statistics are derived from 243 EVI composites with 250 m spatial and 16 day temporal resolution.

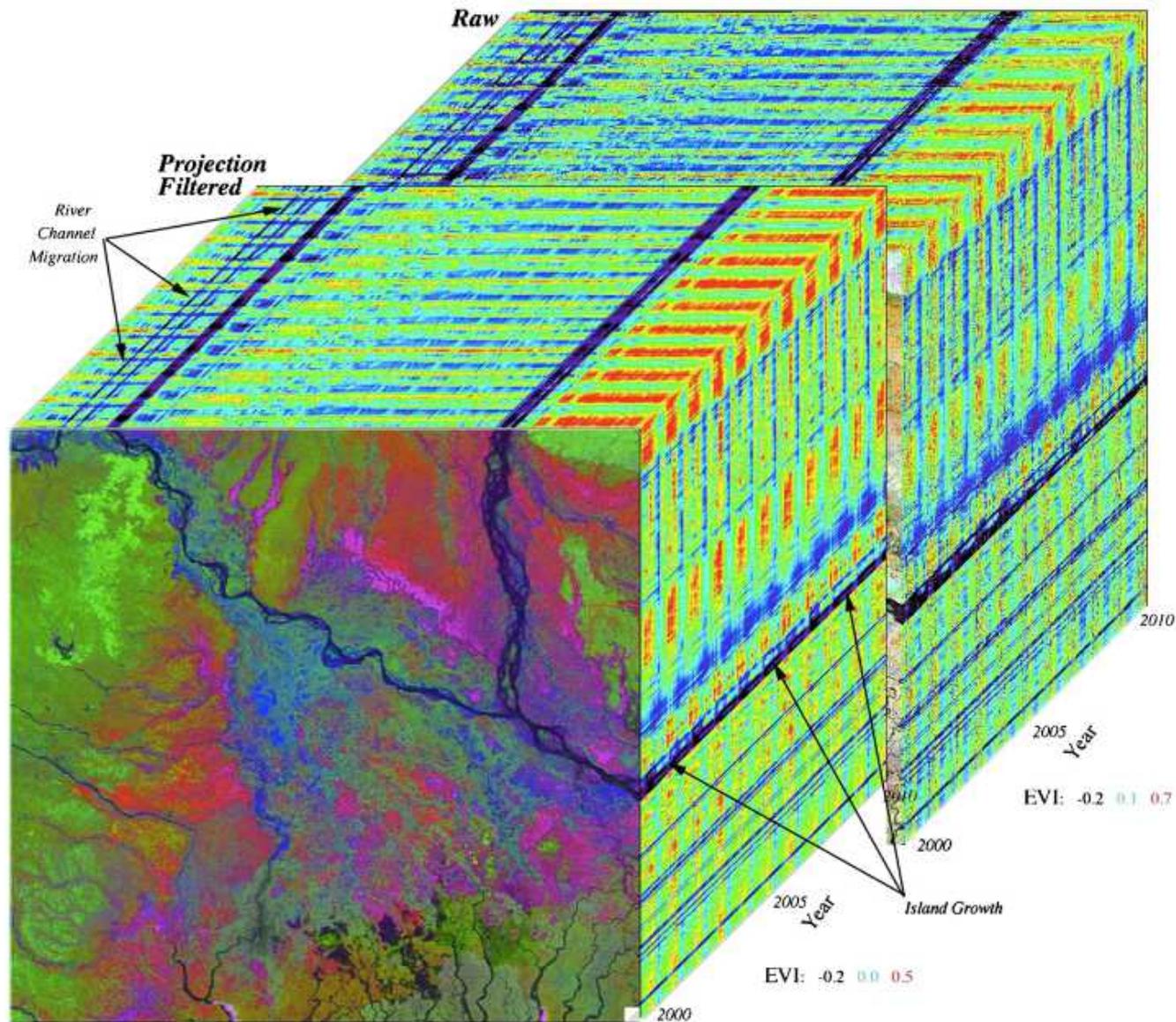
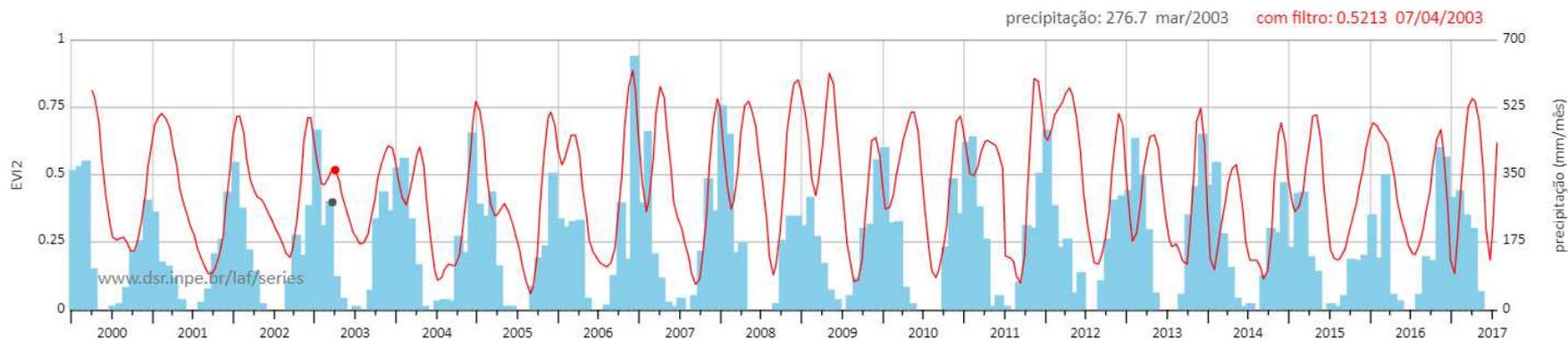


Fig. 7. Time-Space cube for a subset of the Ganges-Brahmaputra EVI image time series. The front face is a false color composite of temporal endmember fractions from Fig. 5. The side faces show a decade of spatial-temporal phenology comparing the projection filtered and raw EVI for the edge pixels. Note spatial consistency of interannual variability and interannual evolution of areas near the rivers.



Índice de Vegetação EVI



Critérios Importantes na Identificação da Vegetação e Uso da Terra

- Relação sinal/ruído da imagem.
- Dissimilaridade espectral.
- Estrutura do dossel.
- Aspectos fenológicos.
- Aspectos climáticos: chuva, umidade, sombra.
- Posição do sol: ângulo de elevação solar e de azimute.
- Parâmetros de imageamento.

MUITO OBRIGADO PELA ATENÇÃO