

Comportamento Espectral de Alvos



Prof. Dr. Peterson Ricardo Fiorio

Dep. Eng. de Biosistemas – ESALQ/USP



SENSORIAMENTO REMOTO

SR

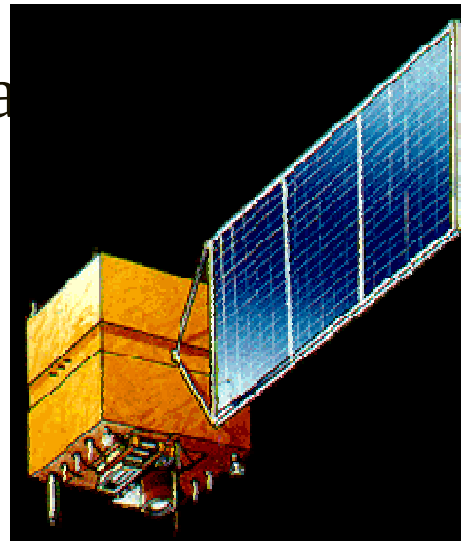
Sensoriamento Remoto

“É a ciência ou a arte de se **obterem informações** sobre um **objeto, área ou fenômeno**, através de dados coletados por aparelhos denominados **sensores**, que não entram em contato direto com os alvos em estudo (Crepani, 1983)”

Histórico

Qual o verdadeiro interesse no Sensoriamento Remoto?

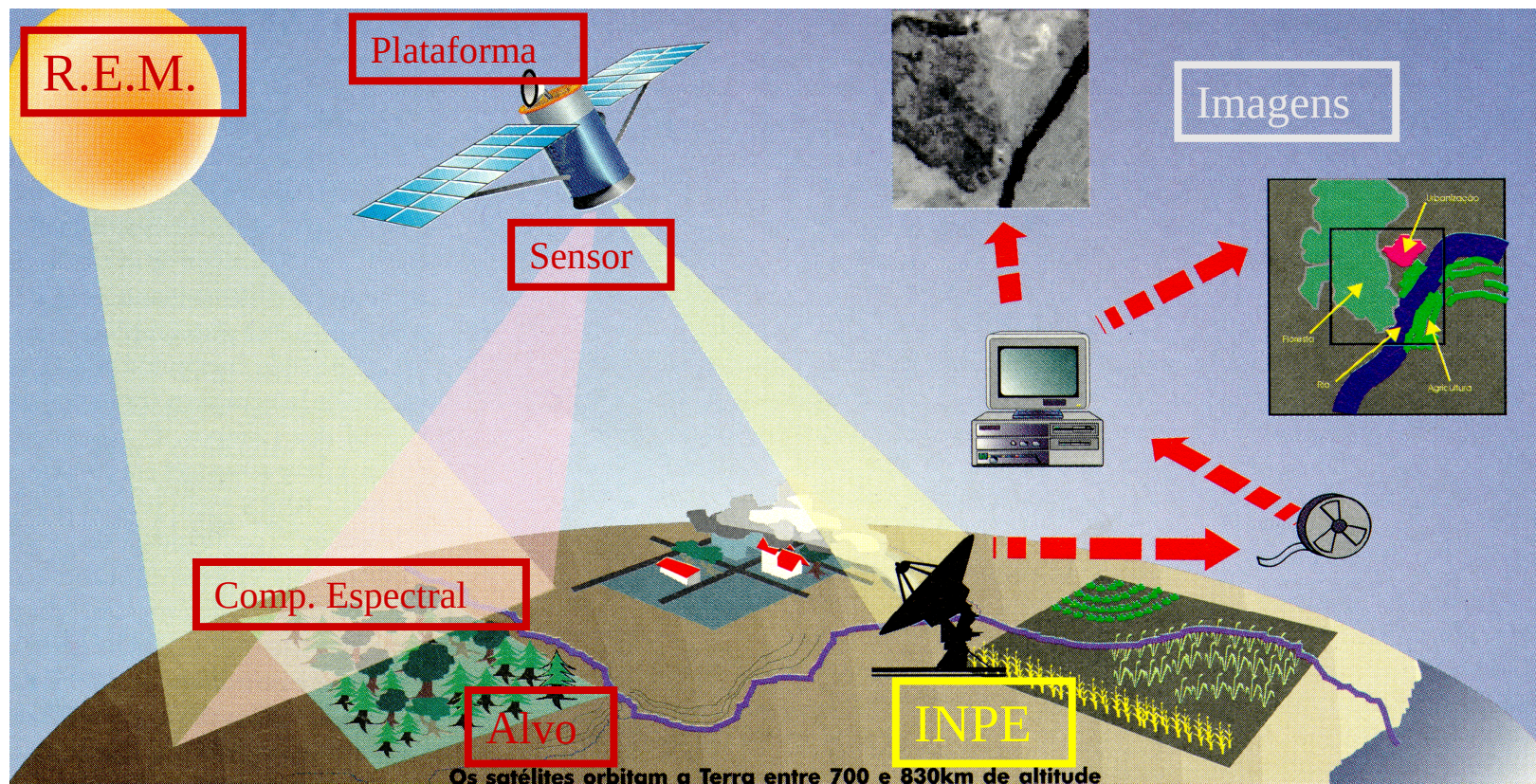
- ➔ 1862 - Guerra civil (balonistas)
- ➔ 1909 - Fotografia
- ➔ 1914 - I Grande Guerra Mundial
- ➔ 1939 - II Grande Guerra Mundial
- ➔ 1945 (49) - 1989 (muro de Berlim) 1991 Guerra Fria
 - U2
 - Corrida Armamentista
- ➔ Hoje....



Sensoriamento Remoto

Princípios Físicos

Aquisição/Armazenamento/Processamento



Princípios Físicos do SR

Luz Visível (400nm - 760 nm):

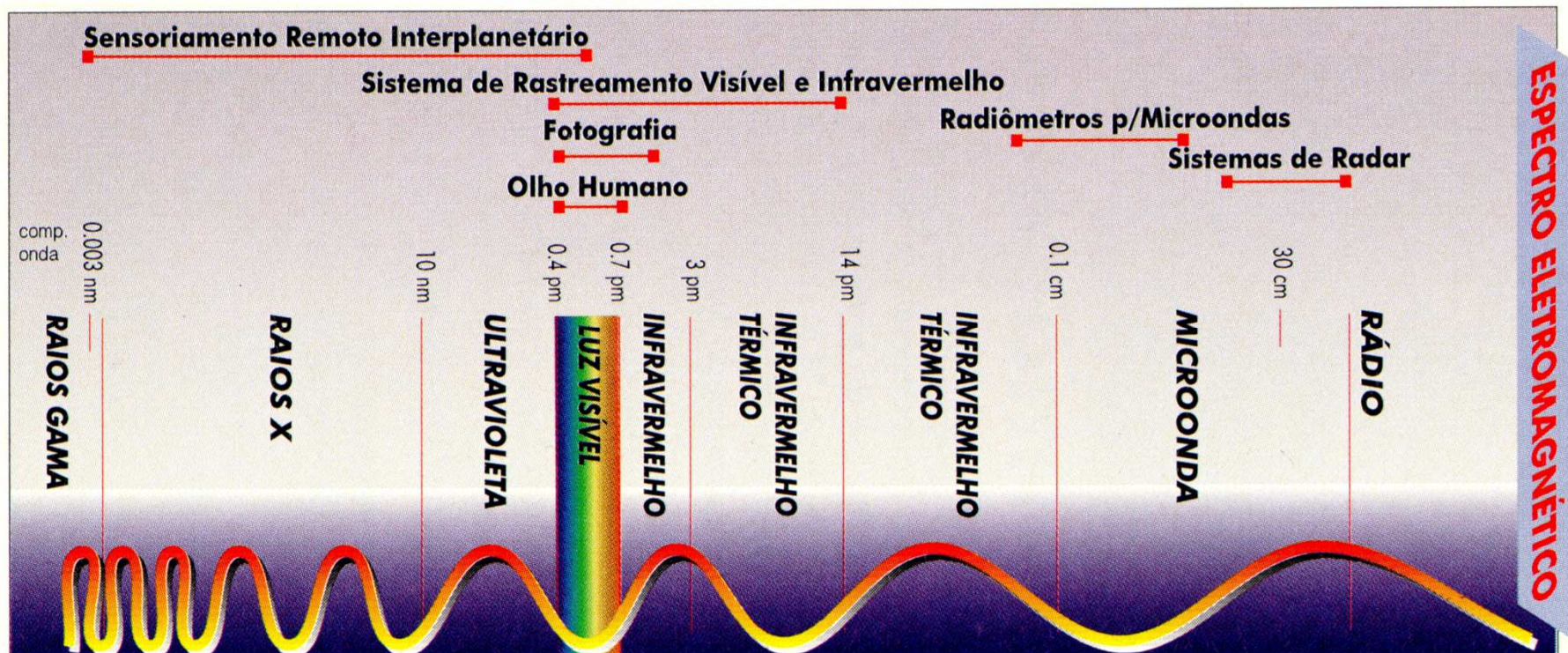
- violeta (400 - 460 nm)
- anil (460 - 475 nm)
- azul (475 - 490 nm)
- verde (490 - 565 nm)
- amarelo (565 - 575 nm)
- laranja (575 - 600 nm)
- vermelho (600 - 760 nm)



Infravermelho (760 nm - 3.000 nm):

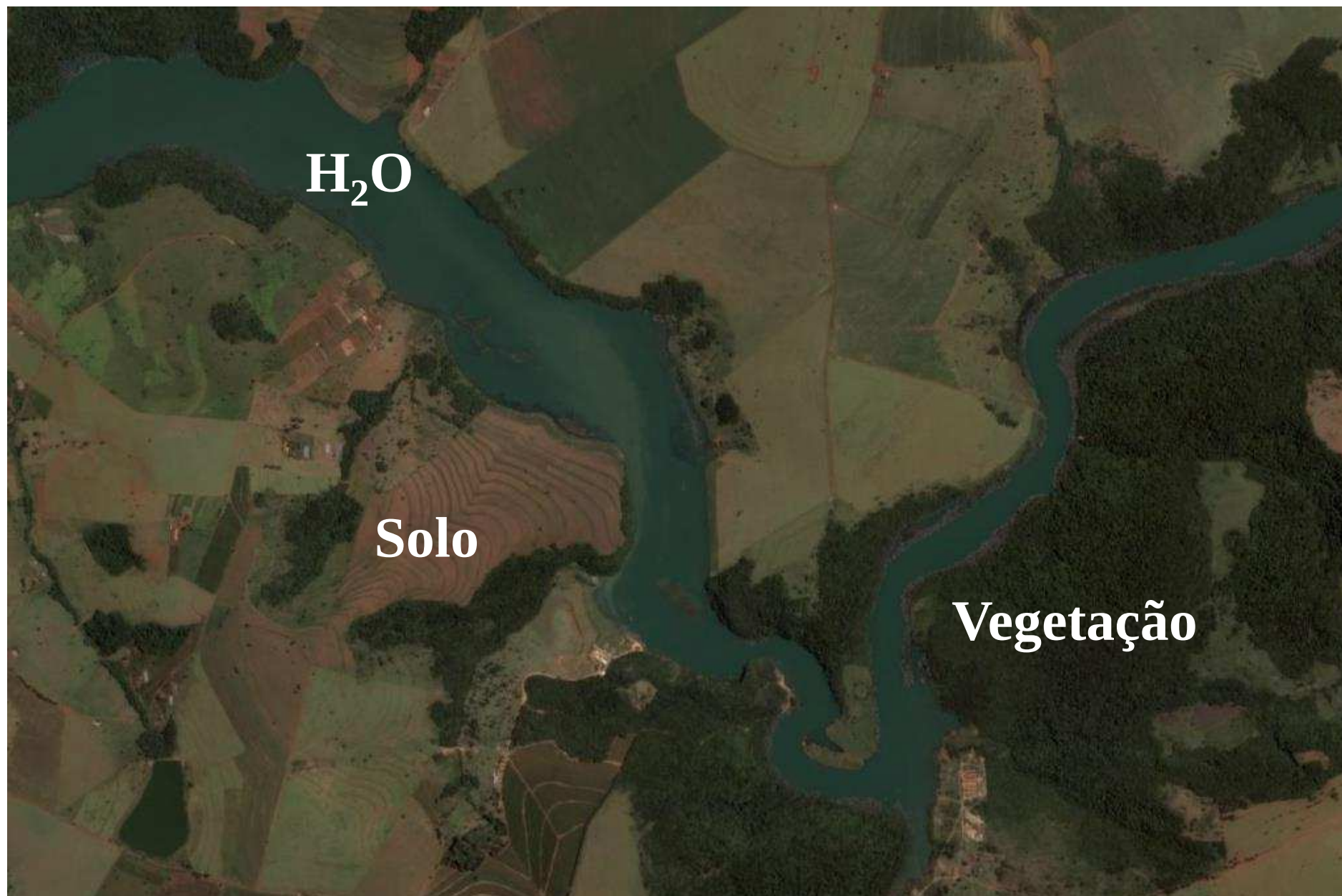
- IV Próximo (760 - 1.300 nm)
- IV Médio (1.300 - 3.000 nm)

Espectro Eletromagnético



Comportamento espectral de Alvos

COMPORTAMENTO ESPECTRAL



COMPORTAMIENTO ESPECTRAL



Comportamento Espectral

➡ Solos

UMIDADE

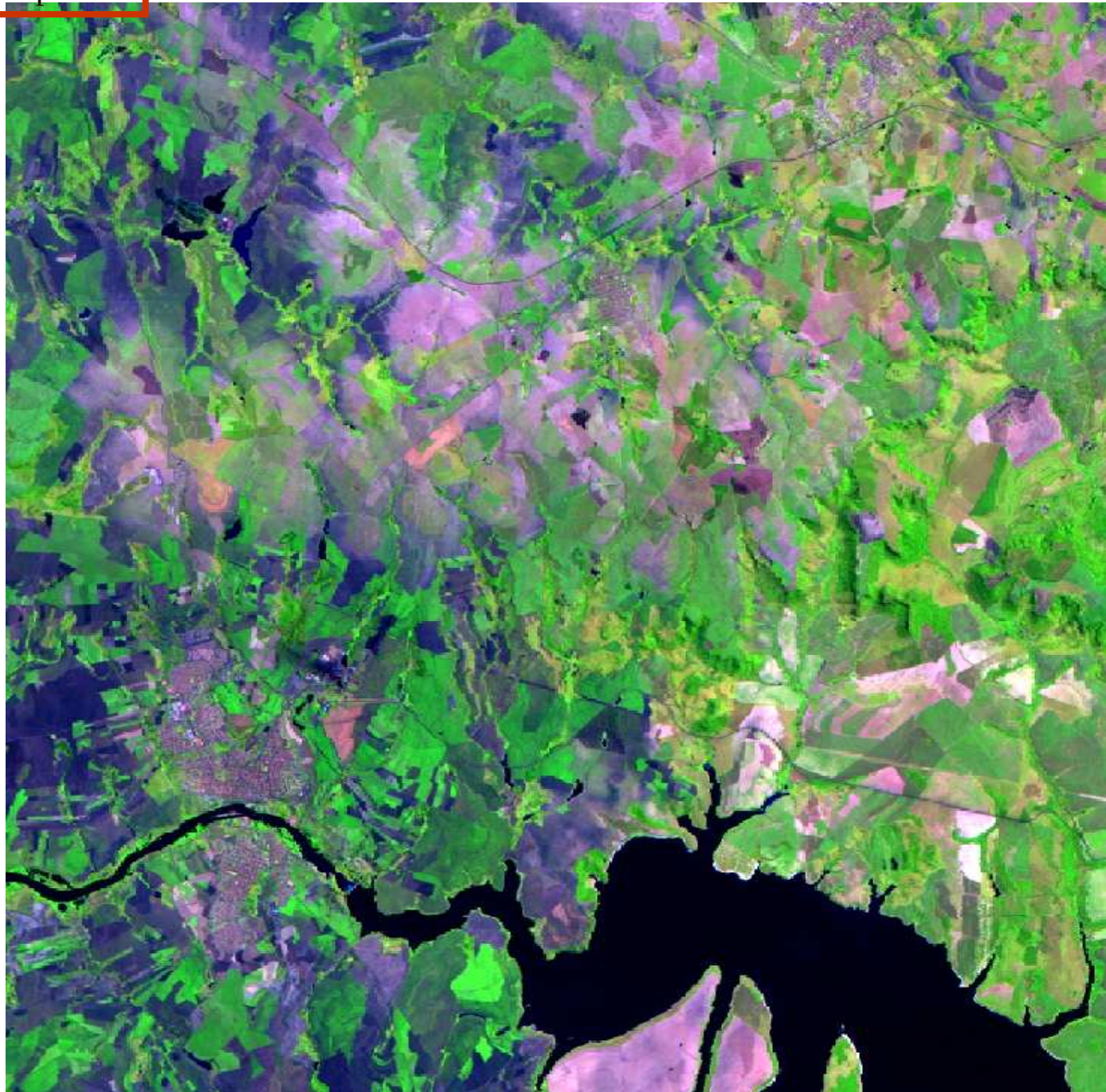
TEXTURA

COR

FERRO

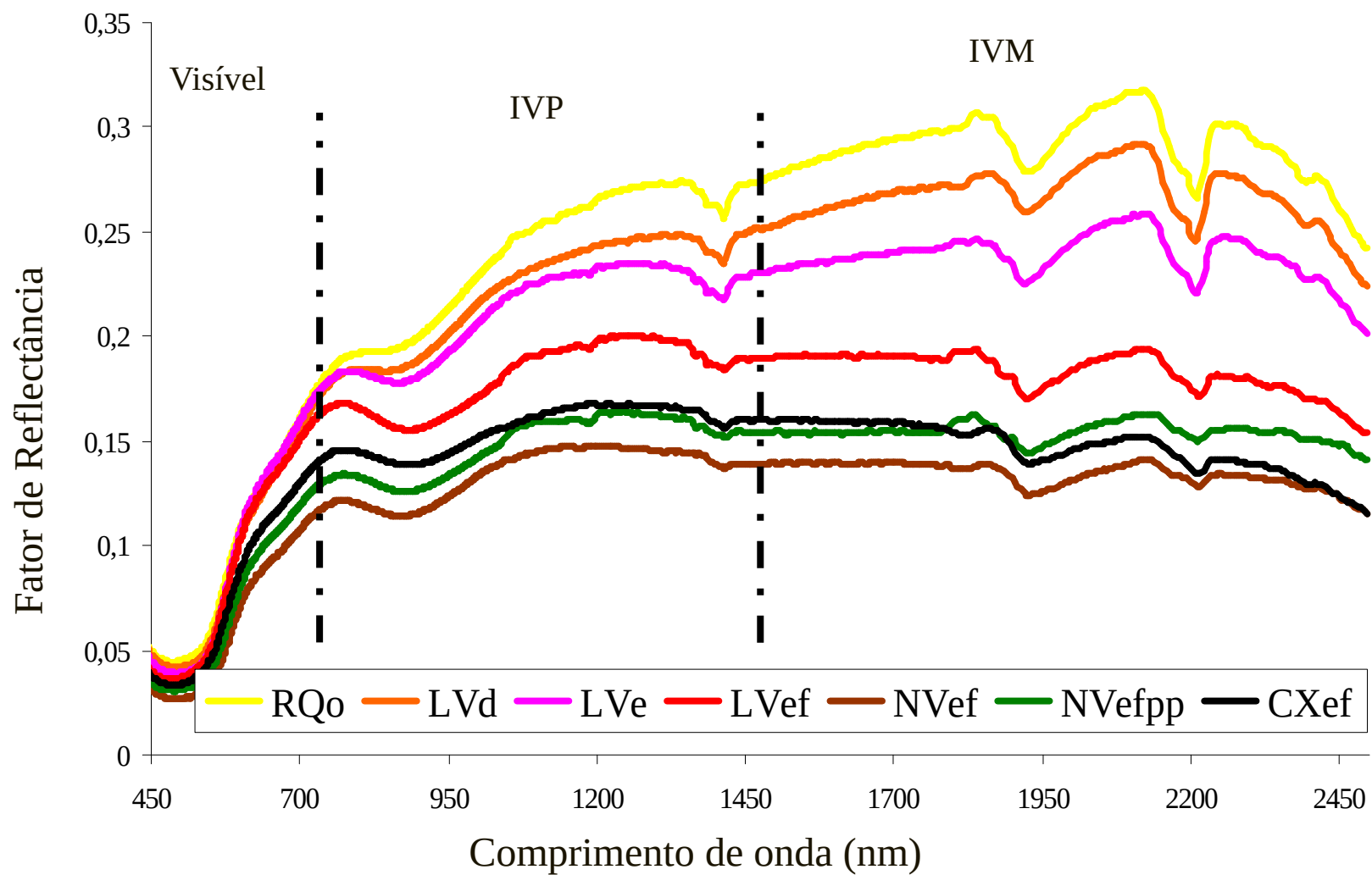
M.O.

CTC



Comportamento Espectral

➡ Solos



DADOS RADIOMÉTRICOS OBTIDOS NOS NÍVEIS TERRESTRE E ORBITAL NA AVALIAÇÃO DE SOLOS

PETERSON RICARDO FIORIO
Engenheiro Agrônomo

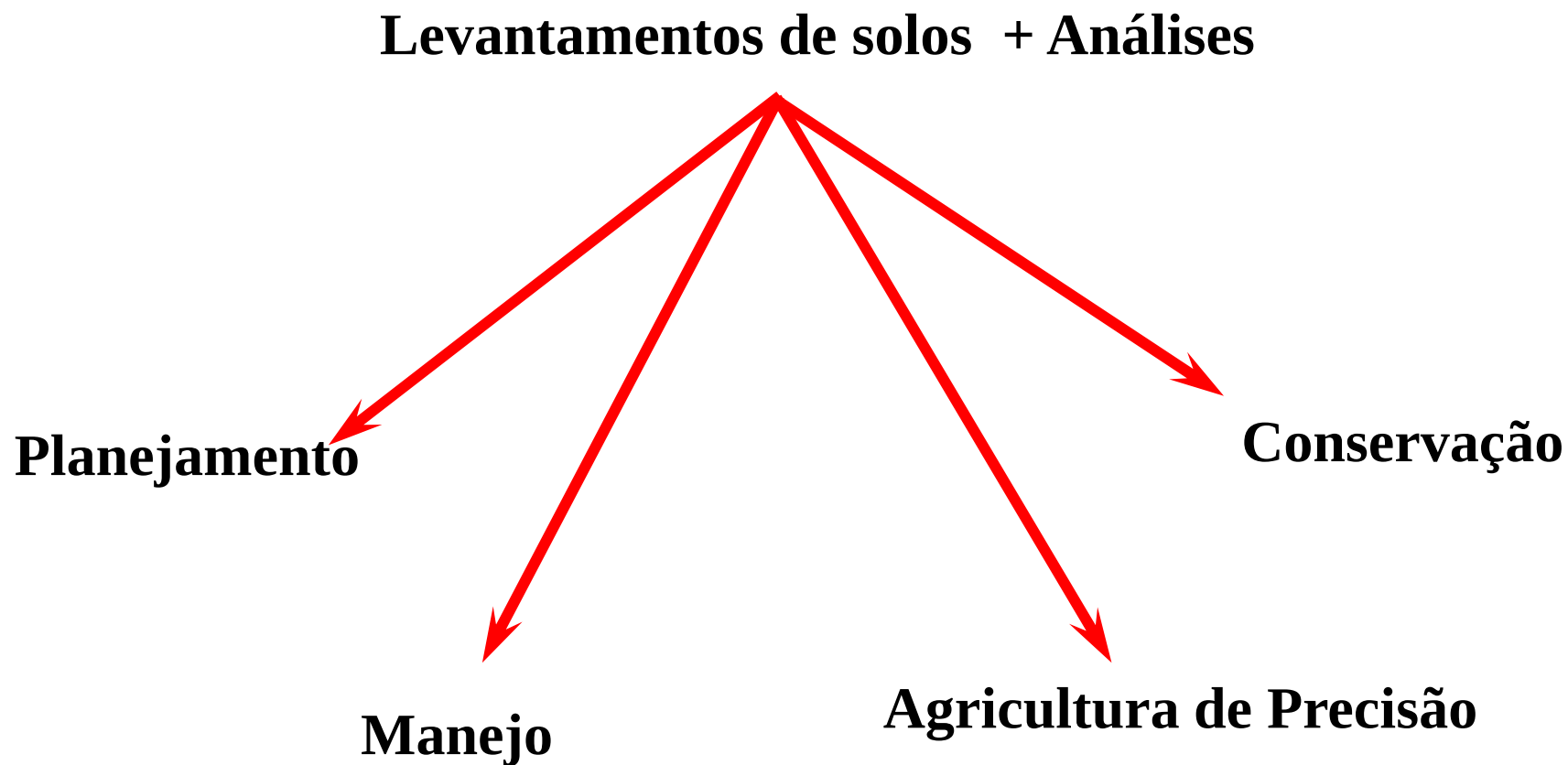
Prof. Dr. José Alexandre M. Demattê
Orientador

Tese apresentada à Escola Superior de
Agricultura “Luiz de Queiroz”,
Universidade de São Paulo, para obtenção
do título de Doutor em Agronomia, Área
de Concentração: Solos e Nutrição de
Plantas.

Piracicaba
Estado de São Paulo - Brasil
Julho - 2002

Introdução

Motivação para realização do trabalho



Mapeamento de Solos

Método utilizando fotografias aéreas

- ➔ Observação da paisagem correlação campo (Fotografia)
- ➔ Unidades Fisiográficas (Fotografia)
- ➔ Campo: tradagens, perfis → unidades de solos

Bushnell et al. (1929)

“ 1º Levantamento de solos utilizando fotografias aéreas pancromáticas.”

Observação

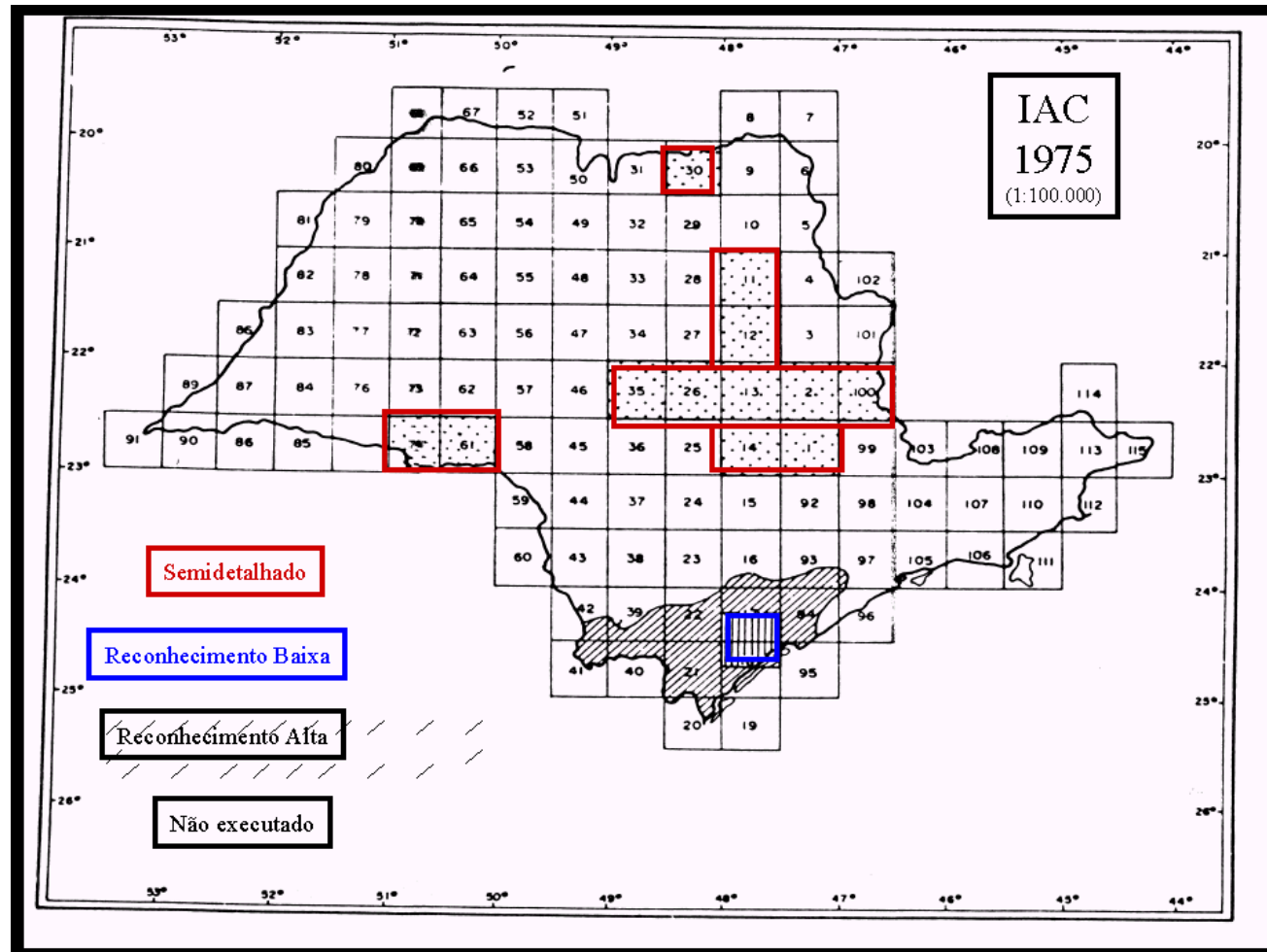


Unidades Fisiográficas + Perfis

**Campo + Amostras
+ GNSS**

↓ (tempo e custo)

Mapeamento de Solos (SP)



Mapeamento de Solos

COMENTÁRIOS

- ➡ 45 anos sem recobrimento total do SP
- ➡ Para os outros estados ?????
- ➡ Brasil não possui mapas de solos compatíveis com suas necessidades

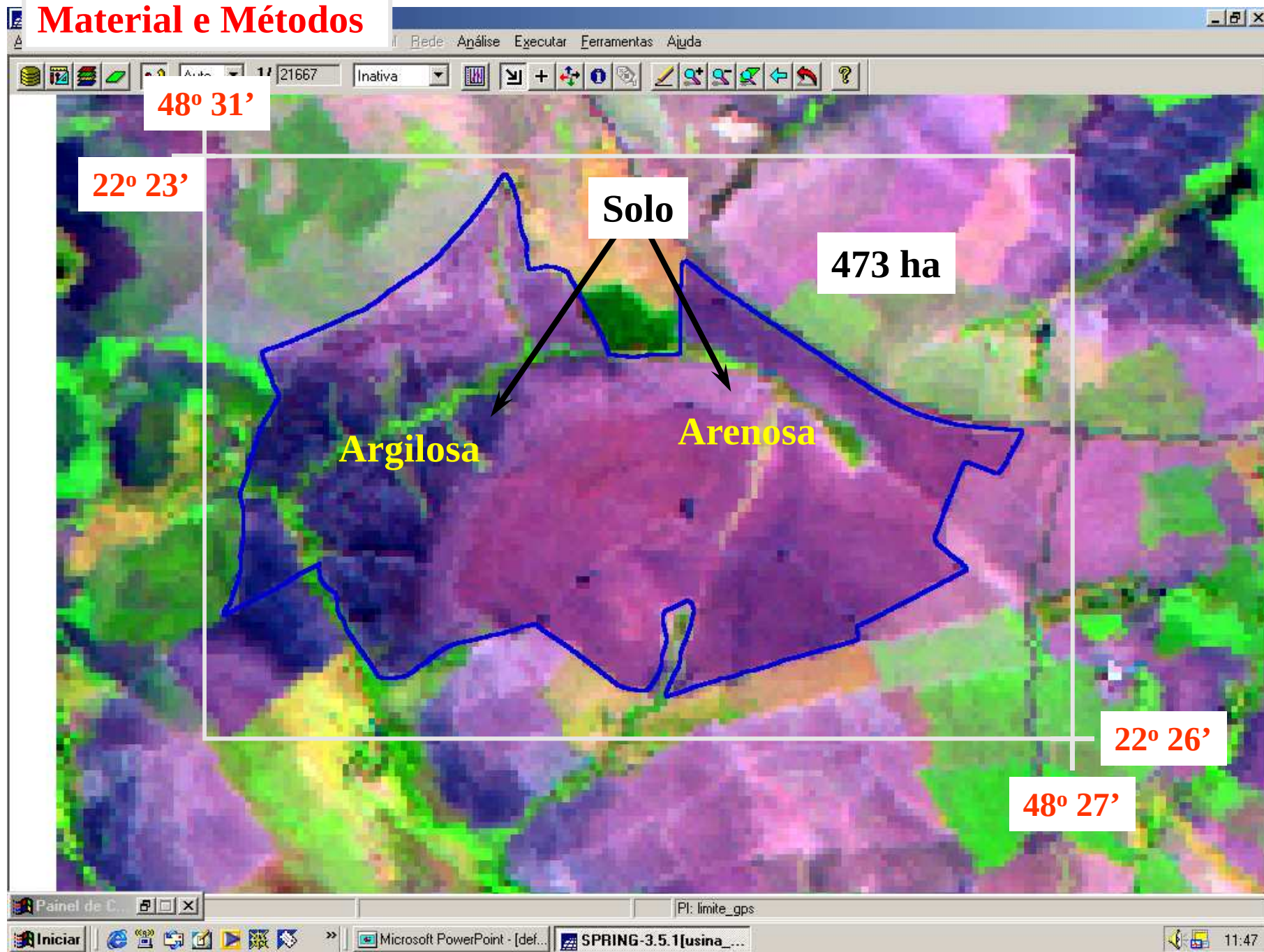
↓ Custos e Tempo

- ➡ Novas Metodologias
- ➡ Novas Ferramentas

Questão Básica – Hipótese

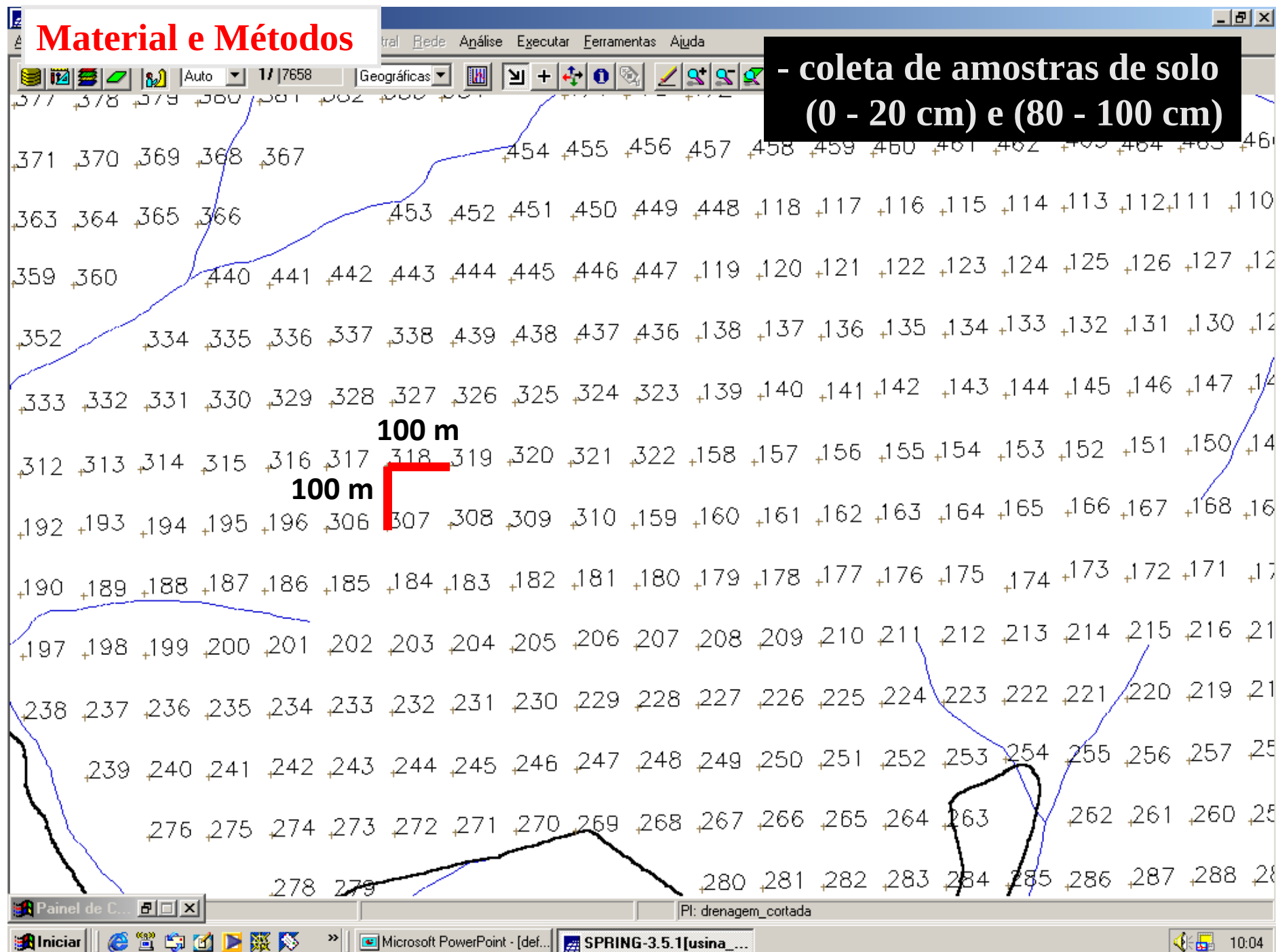
“Teria o sensoriamento remoto, utilizando-se de dados de reflectância obtidos nos níveis laboratorial e orbital, condições de discriminar solos e quantificar seus atributos auxiliando, desta forma, os procedimentos adotados para levantamentos pedológicos?”

Material e Métodos



Material e Métodos

- coleta de amostras de solo
(0 - 20 cm) e (80 - 100 cm)



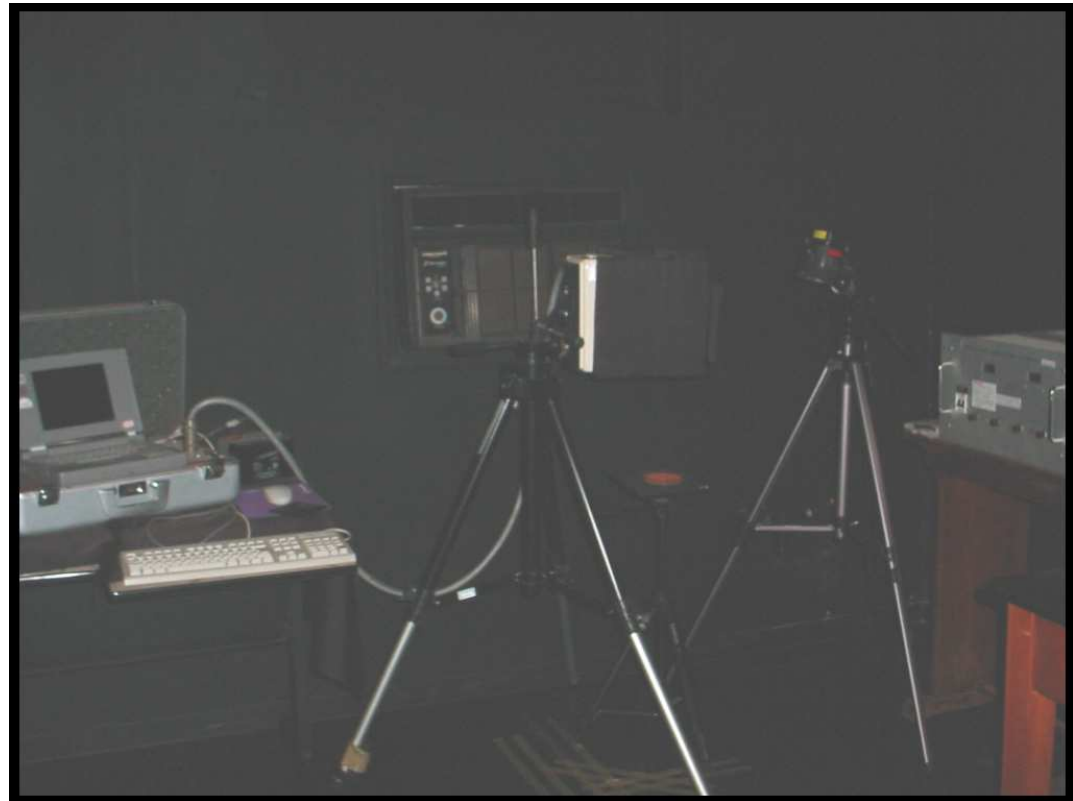
Material e Métodos

Amostras

**Análises Químicas
e Físicas (Laboratório)**



**Análises Espectrais
(Laboratório)**



Obtenção dos dados radiométricos

⇒ Laboratório

⇒ Orbital

Laboratório

Computador

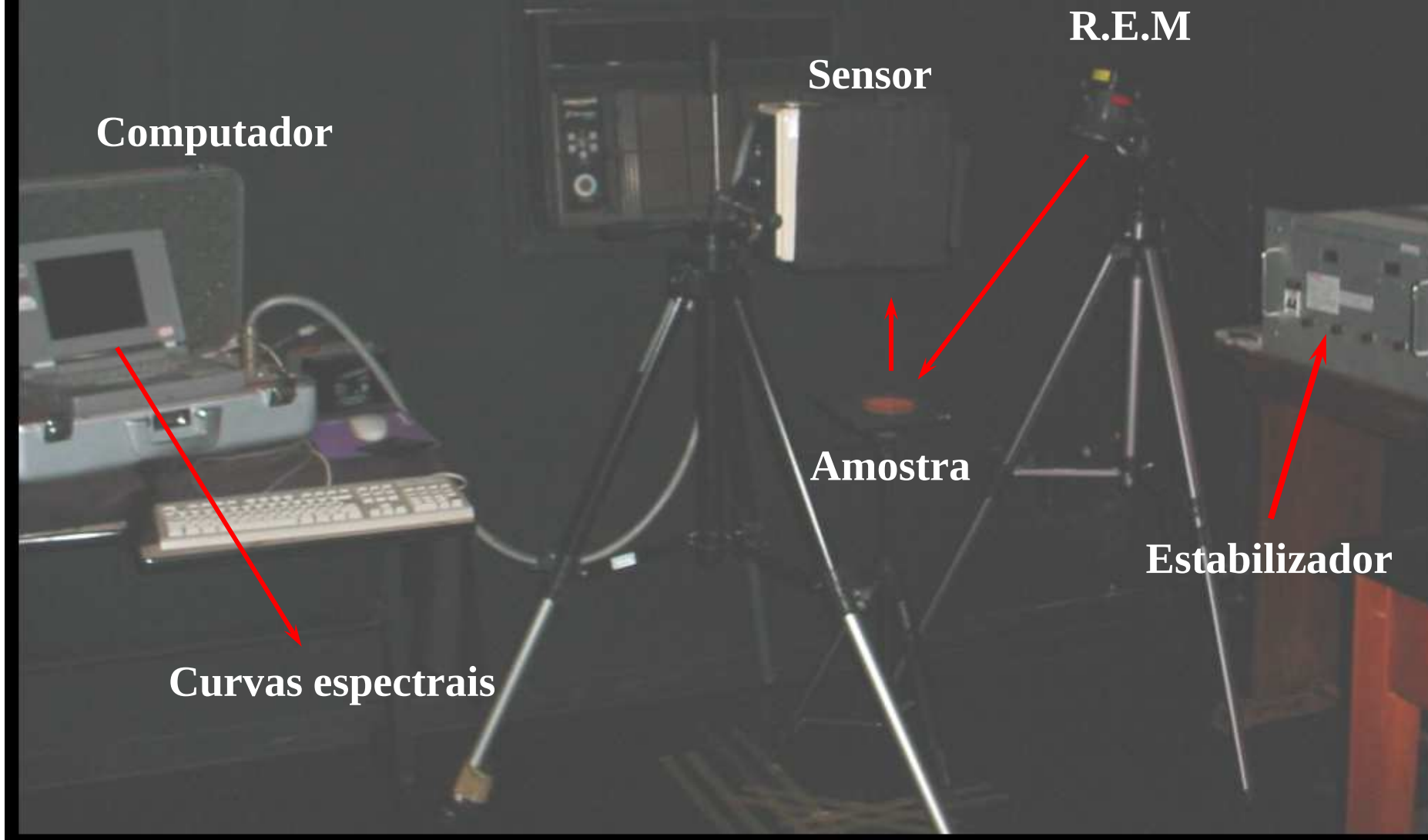
Sensor

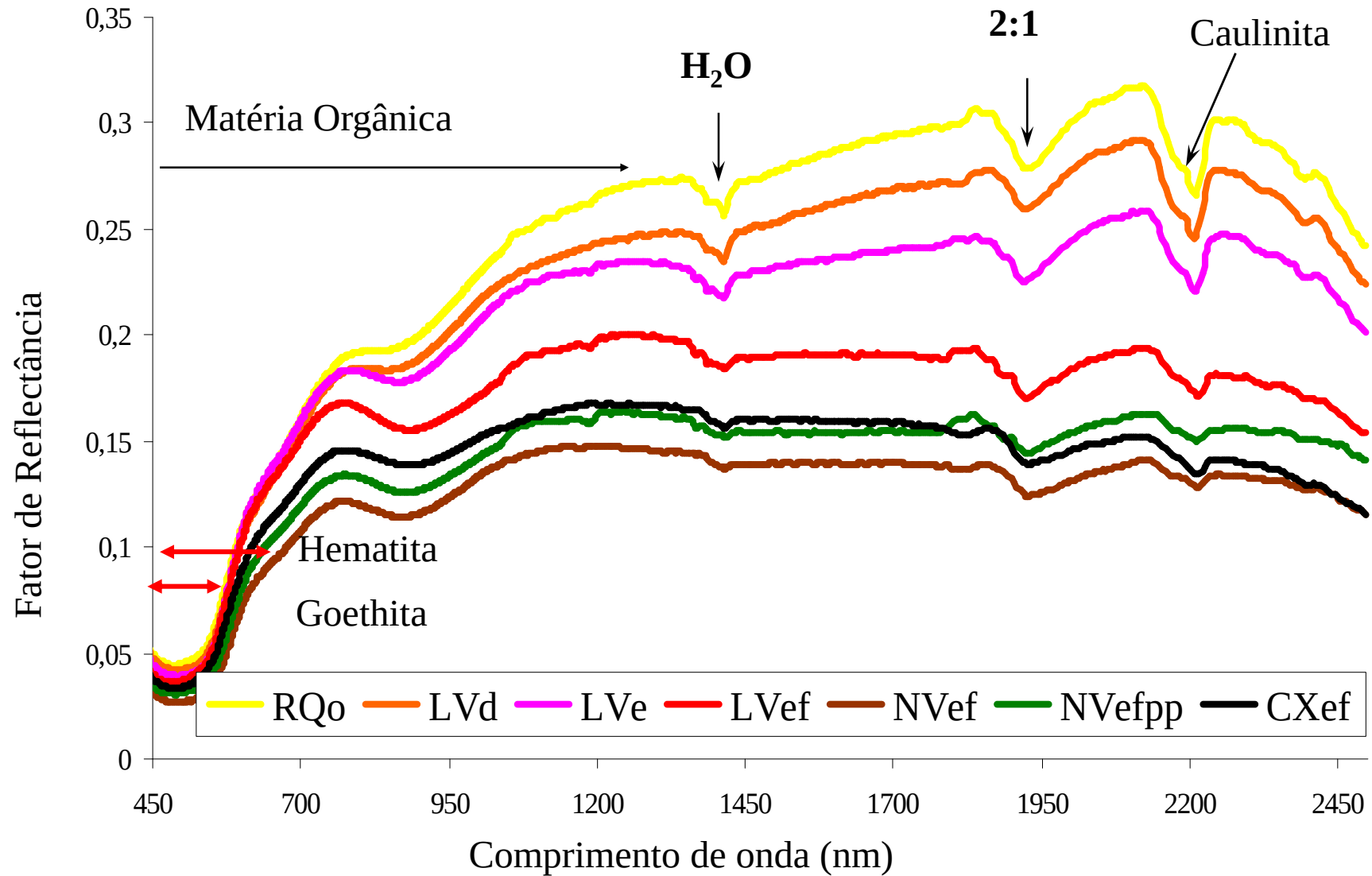
R.E.M

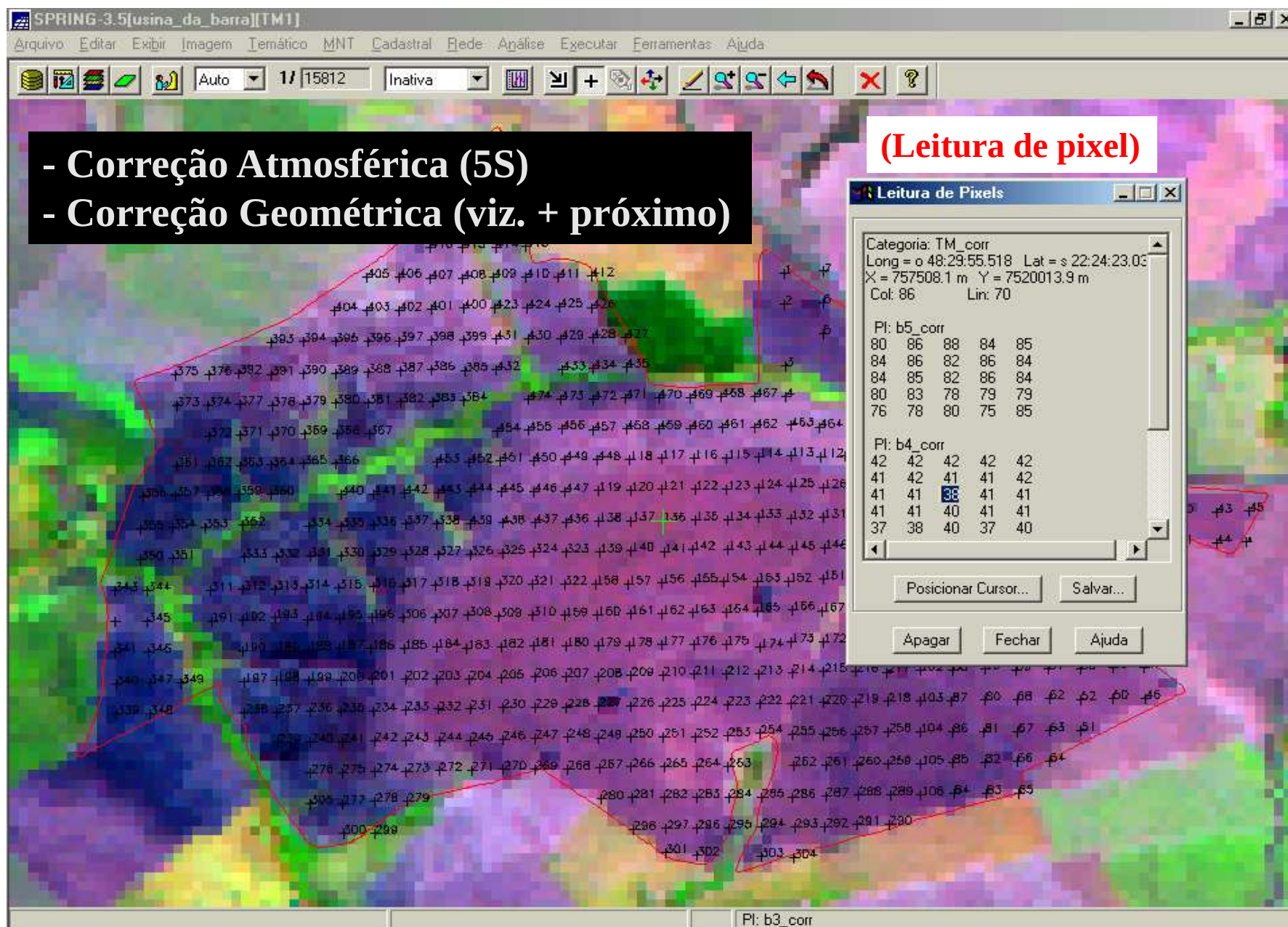
Amostra

Estabilizador

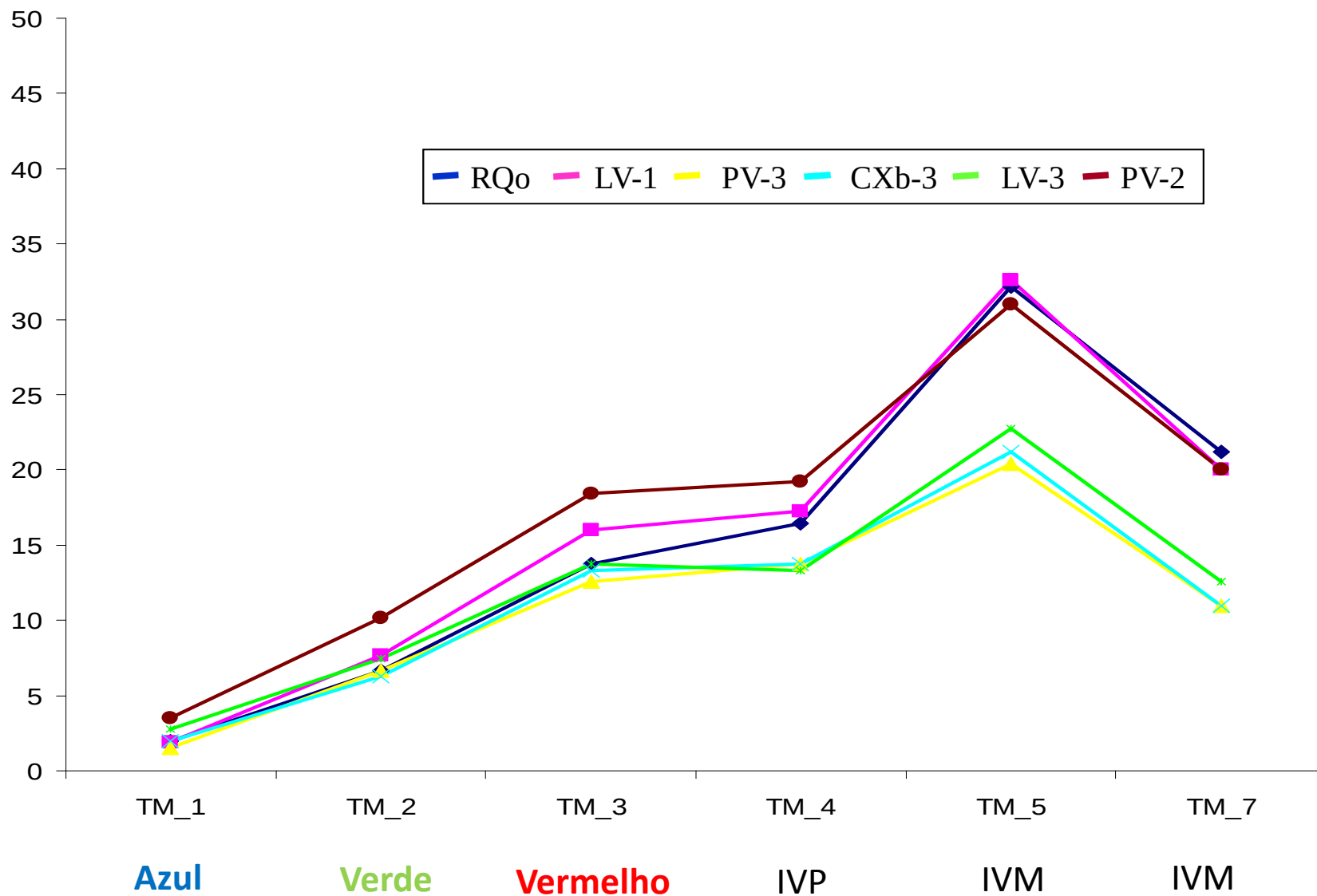
Curvas espectrais







➡ Orbital



Microsoft Excel - ESTATISTICA_SAS_MARCELO_ORIGINAL.xls

Arquivo Editar Exibir Inserir Formatar Ferramentas Dados Janela Ajuda

Material e Métodos

Análises Estatísticas - SAS

Caixa de nome	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC
1 Amarela CLAS_1 CLAS_2	h1_A	h1_B	h2_A	h2_B	h3_A	h3_B	h4_A	h4_B	h5_A	h5_B	h6_A	h6_B	h7_A	h7_B	h8_A	h8_B	h9_A	h9_B	h10_A	h10_B	h11_A	h11_B	h12_A	h12_B	h13_A	h13_B
2 1 LVD1 LV1	0,00487	0,00314	0,13014	0,13816	0,00123	0,00589	0,04053	0,03962	0,00996	0,01809	0,00797	0,01157	0,01452	0,01240	0,01907	0,02255	0,02927	0,02362	0,03205	0,04289	0,02223	0,02866	0,01527	0,02325	0,02203	0,026
3 2 PVD2 PV2	0,00722	0,00357	0,14179	0,15923	0,00263	0,01090	0,04035	0,04625	0,01002	0,02392	0,00750	0,01219	0,01302	0,00981	0,01793	0,03353	0,03033	0,03896	0,03081	0,04967	0,02188	0,03089	0,01308	0,02819	0,02182	0,026
4 3 PAD2 PA2	0,00971	0,02497	0,12726	0,14572	0,01057	0,00191	0,03985	0,00536	0,00625	0,02100	0,00492	0,01800	0,01528	0,01509	0,01374	0,02241	0,02849	0,02362	0,02286	0,06088	0,01624	0,04064	0,00651	0,03167	0,01786	0,032
5 4 PVAE2 PVA2	0,01184	0,00681	0,13605	0,12882	0,00341	0,00786	0,03176	0,03155	0,01120	0,02815	0,00960	0,01252	0,01620	0,01651	0,01835	0,04990	0,03342	0,04710	0,03649	0,04953	0,02633	0,03423	0,01810	0,03626	0,02691	0,031
6 5 PVAE2 PVA2	0,00446	0,00443	0,10375	0,14560	0,00109	0,01339	0,02704	0,03719	0,01183	0,02671	0,00672	0,01321	0,01195	0,01315	0,02803	0,04550	0,03592	0,04781	0,02323	0,05012	0,01781	0,03388	0,01615	0,03278	0,02353	0,032
7 6 LVD2 LV2	0,00587	0,00141	0,16378	0,14136	0,00900	0,01131	0,04747	0,04727	0,01412	0,02366	0,01005	0,01339	0,01364	0,01217	0,01839	0,03368	0,03258	0,03922	0,03774	0,04762	0,02523	0,03077	0,01600	0,02797	0,02591	0,021
8 7 LVD1 LV1	0,00574	0,00132	0,10521	0,13301	0,00476	0,00972	0,03554	0,04329	0,00671	0,01976	0,00597	0,01183	0,01243	0,01385	0,01366	0,02243	0,02339	0,03296	0,02139	0,04558	0,01444	0,03045	0,00923	0,02394	0,01550	0,021
9 8 LVD1 LV1	0,00264	0,00145	0,13066	0,14476	0,00069	0,00895	0,05142	0,05236	0,01534	0,01117	0,01192	0,01705	0,01775	0,01775	0,02459	0,02960	0,03844	0,04281	0,03728	0,04783	0,02537	0,03117	0,01970	0,02521	0,02646	0,032
10 9 PVD1 PV1	0,00526	0,00277	0,12180	0,15499	0,01009	0,00641	0,05202	0,04207	0,00782	0,01944	0,00724	0,01256	0,01669	0,00981	0,01597	0,02420	0,03342	0,02992	0,02462	0,04828	0,01744	0,03037	0,00899	0,02495	0,02151	0,032
11 10 LVD1 LVA1	0,01011	0,00600	0,12980	0,16238	0,00411	0,00087	0,13066	0,14263	0,00332	0,01302	0,01313	0,01486	0,01125	0,02221	0,01787	0,03352	0,02362	0,05824	0,02776	0,03924	0,02000	0,03137	0,02528	0,021	0,032	
12 11 PVD1 PV1	0,00087	0,00087	0,13066	0,16238	0,00411	0,00087	0,13066	0,14263	0,00332	0,01302	0,01313	0,01486	0,01125	0,02221	0,01787	0,03352	0,02362	0,05824	0,02776	0,03924	0,02000	0,03137	0,02528	0,021	0,032	
13 12 R00 R00	0,00616	0,00252	0,14933	0,20021	0,00823	0,00143	0,05305	0,03907	0,01864	0,02988	0,01755	0,02466	0,02495	0,02273	0,02167	0,02766	0,04773	0,02612	0,05526	0,08105	0,03779	0,05164	0,02941	0,04259	0,03828	0,041
14 13 LVD1 LV1	0,00551	0,00163	0,15334	0,14263	0,00202	0,00723	0,06246	0,05998	0,01836	0,01550	0,01387	0,01412	0,02087	0,02248	0,02064	0,04402	0,02152	0,05067	0,05096	0,03341	0,03299	0,02757	0,02645	0,03418	0,031	
15 14 LVD1 LVA1	0,00752	0,00387	0,17153	0,14263	0,00202	0,00723	0,06246	0,05998	0,01836	0,01550	0,01387	0,01412	0,02087	0,02248	0,02064	0,04402	0,02152	0,05067	0,05096	0,03341	0,03299	0,02757	0,02645	0,03418	0,031	
16 15 R00 R00	0,01188	0,01647	0,13966	0,20021	0,00823	0,00143	0,05305	0,03907	0,01864	0,02988	0,01755	0,02466	0,02495	0,02273	0,02167	0,02766	0,04773	0,02612	0,05526	0,08105	0,03779	0,05164	0,02941	0,04259	0,03828	0,041
17 16 PVD1 PV1	0,00422	0,00371	0,13603	0,15499	0,01009	0,00641	0,05202	0,04207	0,00782	0,01944	0,00724	0,01256	0,01669	0,00981	0,01597	0,02420	0,03342	0,02992	0,02462	0,04828	0,01744	0,03037	0,00899	0,02495	0,02151	0,032
18 17 R00 R00	0,01172	0,01144	0,13603	0,15499	0,01009	0,00641	0,05202	0,04207	0,00782	0,01944	0,00724	0,01256	0,01669	0,00981	0,01597	0,02420	0,03342	0,02992	0,02462	0,04828	0,01744	0,03037	0,00899	0,02495	0,02151	0,032
19 18 LVD1 LV1	0,00217	0,00225	0,13663	0,14062	0,00483	0,00046	0,04091	0,03259	0,01959	0,01852	0,01505	0,01654	0,01816	0,01735	0,03103	0,01911	0,03524	0,02962	0,04887	0,05427	0,03269	0,03794	0,02838	0,03044	0,03044	0,032
20 19 PVE1 PV1	0,00411	0,00332	0,13082	0,16238	0,00020	0,00797	0,03649	0,02992	0,01363	0,01849	0,01041	0,01313	0,01486	0,01125	0,02221	0,01787	0,03352	0,02362	0,05824	0,02776	0,03924	0,02000	0,03137	0,02528	0,021	0,032
21 20 R00 R00	0,01286	0,00821	0,18598	0,20021	0,00823	0,00143	0,05305	0,03907	0,01864	0,02988	0,01755	0,02466	0,02495	0,02273	0,02167	0,02766	0,04773	0,02612	0,05526	0,08105	0,03779	0,05164	0,02941	0,04259	0,03828	0,041
22 21 R00 R00	0,00594	0,00320	0,15363	0,14263	0,00202	0,00723	0,06246	0,05998	0,01836	0,01550	0,01387	0,01412	0,02087	0,02248	0,02064	0,04402	0,02152	0,05067	0,05096	0,03341	0,03299	0,02757	0,02645	0,03418	0,031	
23 22 LVD1 LV1	0,00553	0,00102	0,17556	0,14263	0,00202	0,00723	0,06246	0,05998	0,01836	0,01550	0,01387	0,01412	0,02087	0,02248	0,02064	0,04402	0,02152	0,05067	0,05096	0,03341	0,03299	0,02757	0,02645	0,03418	0,031	
24 23 R00 R00	0,00916	0,01512	0,17392	0,20021	0,00823	0,00143	0,05305	0,03907	0,01864	0,02988	0,01755	0,02466	0,02495	0,02273	0,02167	0,02766	0,04773	0,02612	0,05526	0,08105	0,03779	0,05164	0,02941	0,04259	0,03828	0,041
25 24 LVD1 LV1	0,00560	0,00128	0,16760	0,14263	0,00202	0,00723	0,06246	0,05998	0,01836	0,01550	0,01387	0,01412	0,02087	0,02248	0,02064	0,04402	0,02152	0,05067	0,05096	0,03341	0,03299	0,02757	0,02645	0,03418	0,031	
26 25 LVD1 LV1	0,00503	0,00275	0,12709	0,15505	0,00354	0,00410	0,05226	0,04593	0,01176	0,02195	0,01189	0,01768	0,01694	0,01784	0,01985	0,02223	0,02750	0,03093	0,04157	0,05798	0,02796	0,03902	0,02123	0,03241	0,02472	0,032
27 26 R00 R00	0,01527	0,01522	0,16499	0,17707	0,01186	0,02564	0,04223	0,02700	0,01659	0,03274	0,01668	0,02834	0,02032	0,02697	0,02134	0,03514	0,03541	0,04237	0,05460	0,08508	0,03697	0,05540	0,02604	0,04495	0,03248	0,045
28 27 LVD1 LV1	0,00400	0,00101	0,16995	0,15985	0,00003	0,00572	0,06366	0,05758	0,02041	0,02191	0,01901	0,01865	0,01798	0,02185	0,02446	0,02173	0,03314	0,03222	0,06049	0,06336	0,04064	0,04378	0,03407	0,03573	0,03434	0,032
29 28 R00 R00	0,00514	0,00326	0,14609	0,16577	0,00866	0,00219	0,07028	0,05561	0,01358	0,02174	0,01449	0,01924	0,02279	0,01972	0,01860	0,02249	0,03366	0,03303	0,04471	0,06379	0,03177	0,04363	0,03233	0,03439	0,02974	0,032
30 29 R00 R00	0,00479	0,00207	0,16593	0,18196	0,00120	0,00553	0,06156	0,06000	0,01895	0,02352	0,01851	0,02025	0,01853	0,02093	0,01860	0,02249	0,03366	0,03303	0,04471	0,06379	0,03177	0,04363	0,03233	0,03439	0,02974	0,032
31 30 LVD1 LV1	0,00540	0,00171	0,15976	0,16635	0,01164	0,00472	0,07052	0,05570	0,00982	0,02077	0,01064	0,01779	0,02182	0,01789	0,01711	0,02162	0,03358	0,03201	0,04113	0,06202	0,02710	0,04115	0,01836	0,03246	0,03029	0,032
32 31 LVD1 LV1	0,00447	0,00083	0,14661	0,15987	0,00584	0,00329	0,07665	0,06060	0,01705	0,02234	0,01502	0,01815	0,02426	0,02243	0,02541	0,02704	0,03887	0,03564	0,05284	0,06285	0,03613	0,04256	0,02926	0,03525	0,03170	0,032
33 32 LVD1 LV1	0,00365	0,00192	0,12221	0,16592	0,00716	0,00085	0,06267	0,06422	0,01300	0,02053	0,01313	0,01916	0,02299	0,02126	0,01990	0,02050	0,03252	0,03256	0,04409	0,06355	0,03016	0,04255	0,02252	0,03279	0,02870	0,034
34 33 R00 R00	0,00548	0,00107	0,16792	0,15067	0,00414	0,00177	0,07424	0,05661	0,02039	0,02002	0,01320	0,01636	0,01788	0,02082	0,02494	0,02420	0,03800	0,03252	0,05773	0,05783	0,03789	0,03858	0,03042	0,03128	0,03427	0,032
35 34 LVE1 LV1	0,00472	0,00133	0,14859	0,15233	0,00719	0,00283	0,06784	0,05716	0,01541	0,02076	0,01435	0,01510	0,01768	0,01610	0,02035	0,03259	0,03259	0,02789	0,04733	0,05444	0,03115	0,03514	0,02384	0,02970	0,02148	0,032
36 35 LVD1 LV1	0,00537	0,00250	0,18214	0,13413	0,00663	0,00306	0,07764	0,07025	0,02008	0,02789	0,01925	0,02036	0,02252	0,02231	0,02533	0,02885	0,03476	0,03001	0,06156	0,07107	0,04076	0,04674	0,03230	0,03891	0,03846	0,032
37 36 LVD1 LV1	0,00530	0,00194	0,15107	0,15986	0,00689	0,00238	0,06784	0,06300	0,01512	0,02425	0,01491	0,01814	0,02194	0,02242	0,01811	0,02799	0,02901	0,02780	0,05224	0,06498	0,03417	0,04245	0,02648	0,03501	0,03174	0,032
38 37 LVD1 LV1	0,00675	0,00210	0,14855	0,15511	0,00890	0,00175	0,07205	0,06258	0,01044	0,02426	0,01															

Resultados

Tabela 1. Equações de regressão múltipla para sensor em laboratório na estimativa dos atributos dos solos da área de estudo utilizando-se 22 bandas e 13 alturas.

Atributo	Equação múltipla ⁽¹⁾	r^2 ⁽²⁾
Areia total	409,59806+(-3346,58558*H3)+(20887*B11)+(-14543*B16)+(-10890*H7)+(-9824,77554*B19)+(-19212*B10)+(13431*H12) +(26675*B21)+(-3035,10462*B7)	0,8174
Silte	129,83933+(-1943,40654*H10)+(-2624,05031*H9)+(1916,57891*H8)+(2353,36975*H5)+(2162,49950*H1)	0,5672
Argila	376,23728+(4092,67466*H3)+(10972*H7)+(1409,95843*H2)+(-25070*B11)+(23006*B16)+(-23085*H11) +(30702*B10) + (-19095*B17)+(8651,36527*H12)+(-2273,14097*H1)+(-4697,25743*B15)+(-6041,71261*B8)	0,8570
MO ⁽³⁾	29,00804+(-141,76148*H2)+(-225,82107*H3)+(-517,81987*H13)+(746,61657*B1)+(-476,15447*B3) +(332,27114*H5)	0,2988
SB ⁽⁴⁾	455,20858+(-25577*H11)+(23797*H12)+(-3138,20686*H3)+(5295,62046*H1)+(-7983,39289*H5)+(4108,62012*H8)	0,6345
V % ⁽⁵⁾	79,81023+(-1016,67292*B1)+(2892,46819*B8)+(-2560,16606*B7)+(-1067,64273*H4)+(3300,62458*H12)+ (-919,36419*H10) +(488,23896*H3)+(-1480,00508*H11)	0,5055
m % ⁽⁶⁾	-22,14932+(3801,42681*H5)+(-2050,46588*H8)+(2082,39681*B1)+(-6728,15162*B3)+(-4326,51343*B10)+ (-699,51724*H3) +(6123,58955*B2)+(1570,79618*H13)+(3540,68221*H1)+(960,41493*H2)+(-995,46185*H12)+(1273,60350*B11) +(2584,29549*B9)	0,6802
CTC ⁽⁷⁾	753,20475+(-32058*H11)+(26746*H12)+(-4921,96650*H3)+(5686,79082*H1)	0,5358

Sensor Hiperespectral - IRIS

Resultados

Tabela 6 . Equações de regressão múltipla para estimativa dos atributos dos solos da área de estudo utilizando-se 6 bandas do TM-Landsat-5.

Atributo	Equação múltipla ⁽¹⁾	r ² ⁽²⁾
<u>Areia total</u>	128,57173+(-14,26920*TM3)+(13,13981*TM5)+(26,11687*TM7)	0,6356
Silte	205,73234+(4,47412*TM3)+(-2,51728*TM5)+(-8,37651*TM7)	0,5435
<u>Argila</u>	699,99540+(-13,44352*TM7)+(-12,69294*TM5)+(13,03814*TM2)	0,6140
MO ⁽³⁾	32,93323+(1,03425*TM1)+(-1,21937*TM7)	0,41
SB ⁽⁴⁾	794,50072 + (-31,18313*TM7)	0,3466
V ⁽⁵⁾	58,97640 + (-2,19535*TM1)	0,013
m ⁽⁶⁾	-9,25324+(0,69115*TM4)+(0,27464*TM7)	0,1374
CTC ⁽⁷⁾	1348,94022+(-50,85760*TM7)	0,4595

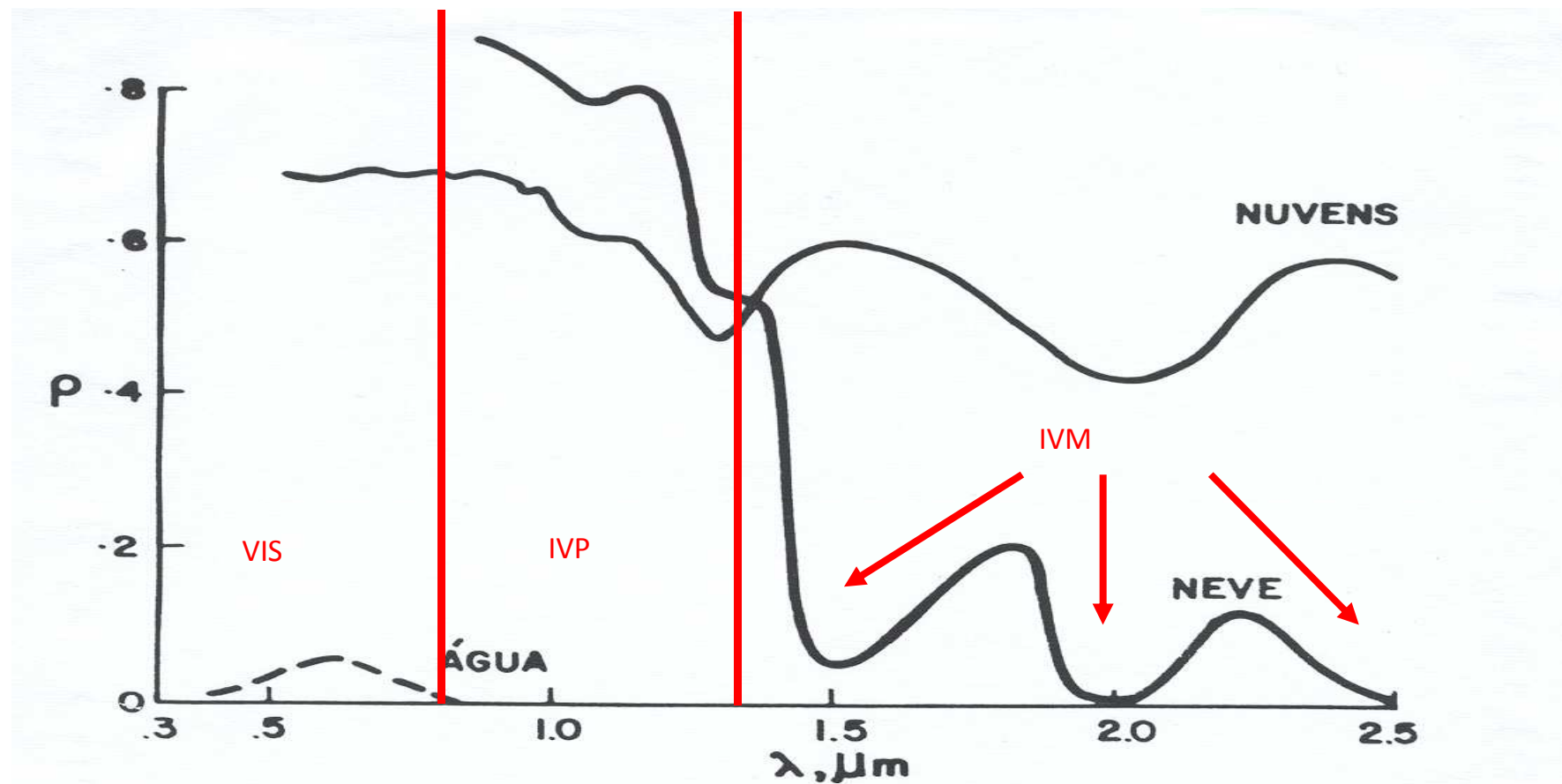
TM - Landsat

COMPORTAMIENTO ESPECTRAL

ÁNGULO

Comportamento Espectral

⇒ Água

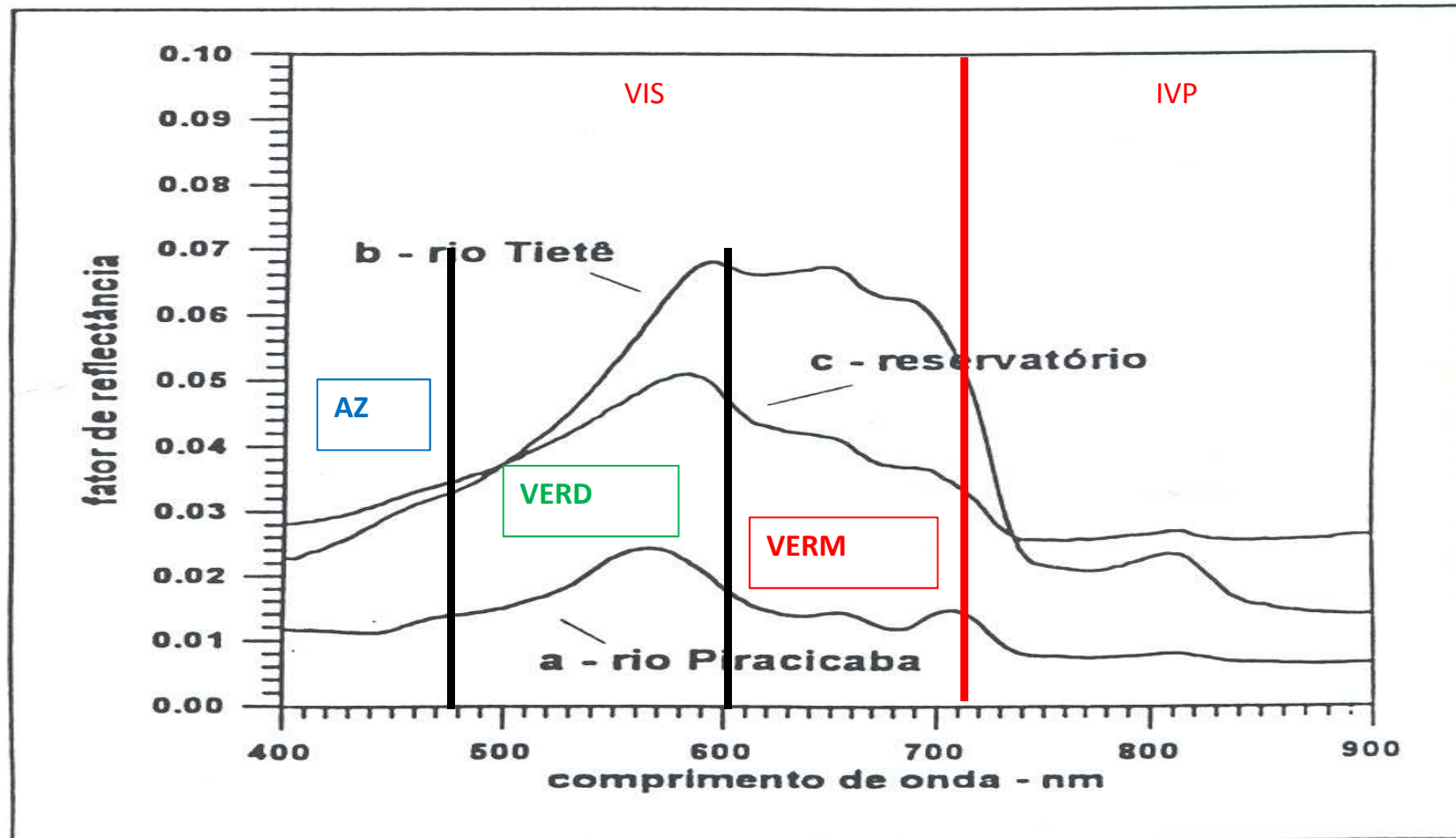


Comportamento espectral de água em seus diferentes estados físicos.

FONTE: Bowker et alii (1985).

Comportamento Espectral

➔ Água



Assinaturas espectrais da água do braço do rio Piracicaba, reservatório da UHE Barra Bonita.
Fonte: Steffen et al., 1992.



As águas pretas do Rio Negro e de muitos de seus efluentes possuem valores de pH entre 3,8 e 4,9, sendo, portanto, ácidas. Isso ocorre em razão da grande quantidade de substâncias orgânicas dissolvidas oriundas da drenagem dos solos arenosos adjacentes ao rio que possuem como vegetação a campina e caatingas amazônicas. Essa cor é resultado dos ácidos húmicos e fúlvicos resultantes da decomposição do húmus no solo que são lentamente transportados para o rio.



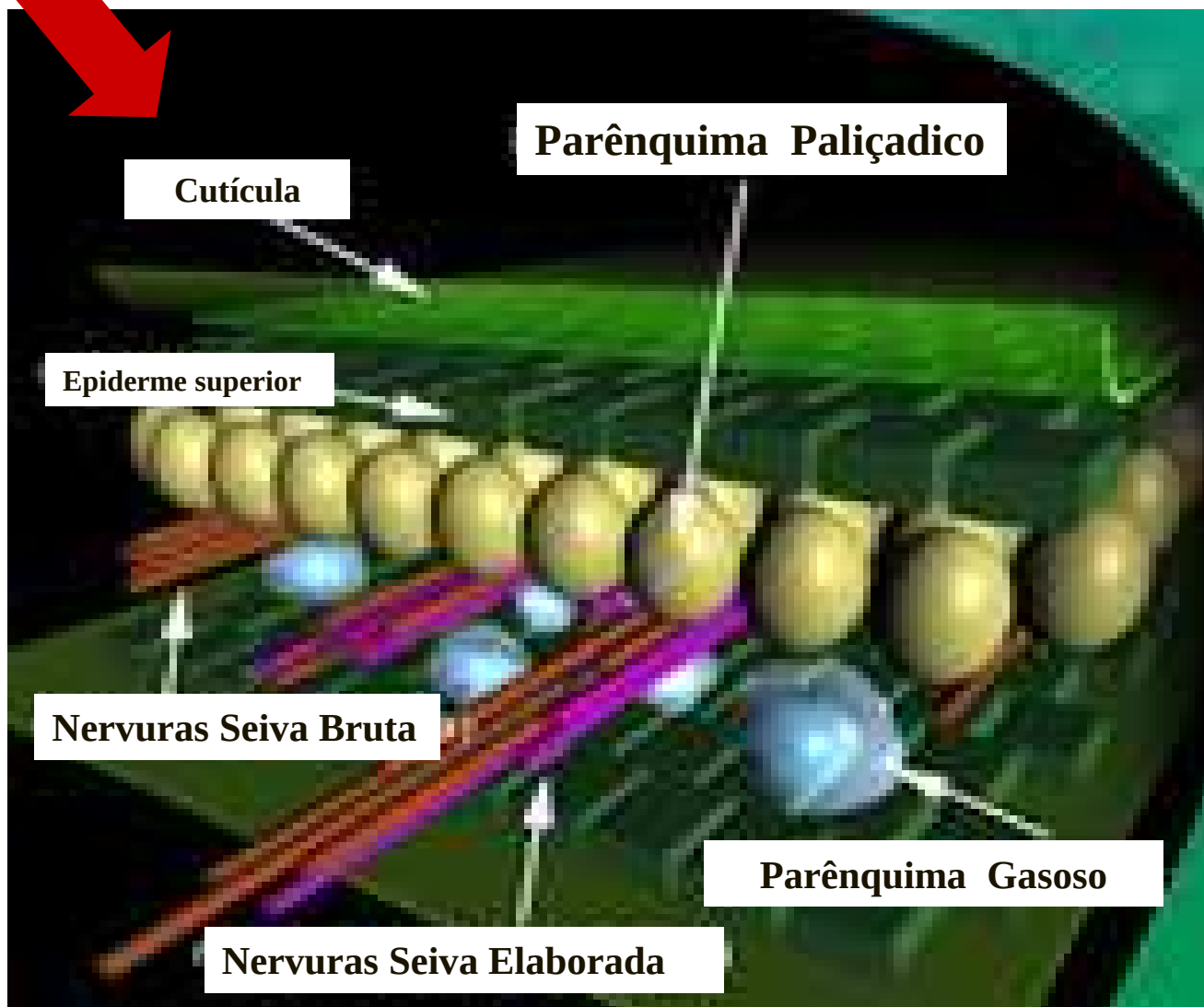
COMPORTAMENTO ESPECTRAL

VEGETAÇÃO

Comportamento Espectral

➡ Vegetação – Folha - Interação com a REM

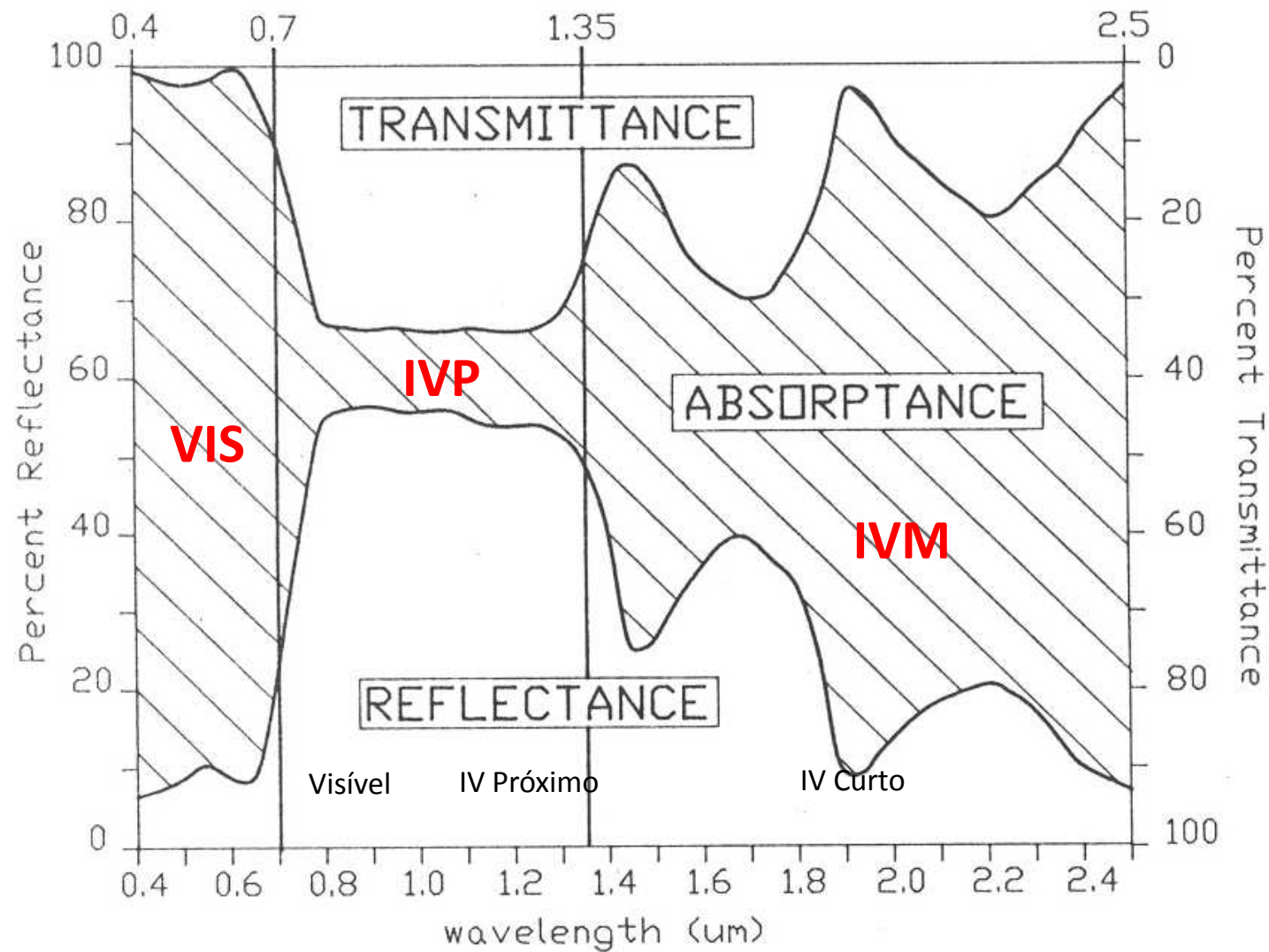
REM



Mesófilo Esponjoso
Cloroplastos
Estômatos

Comportamento Espectral

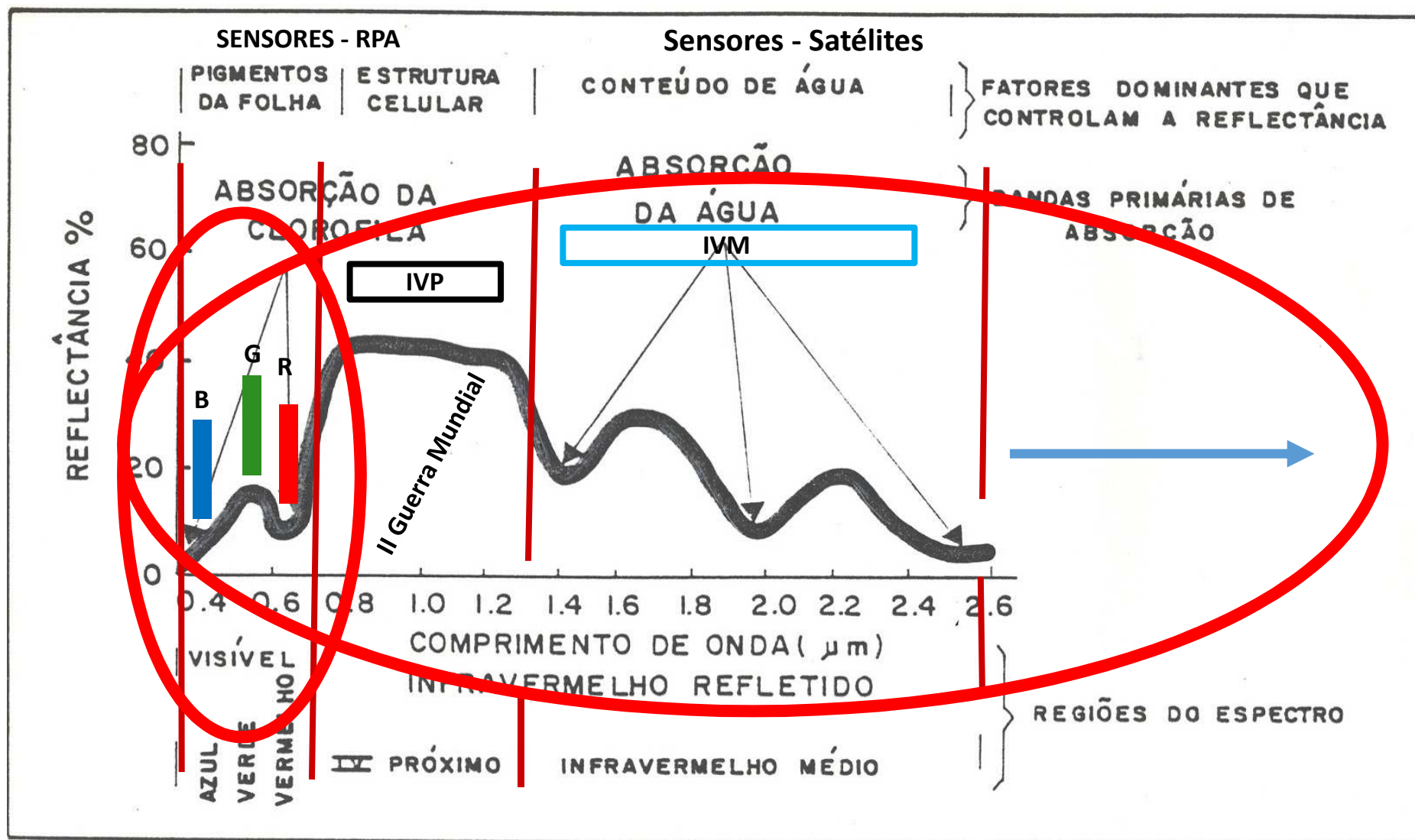
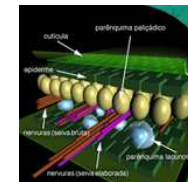
➡ **Vegetação**



Reflectância, Absortância e Trasmitância de uma folha

Comportamento Espectral

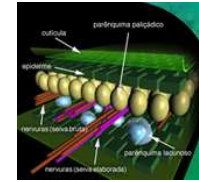
- Reflectância Espectral das Folhas



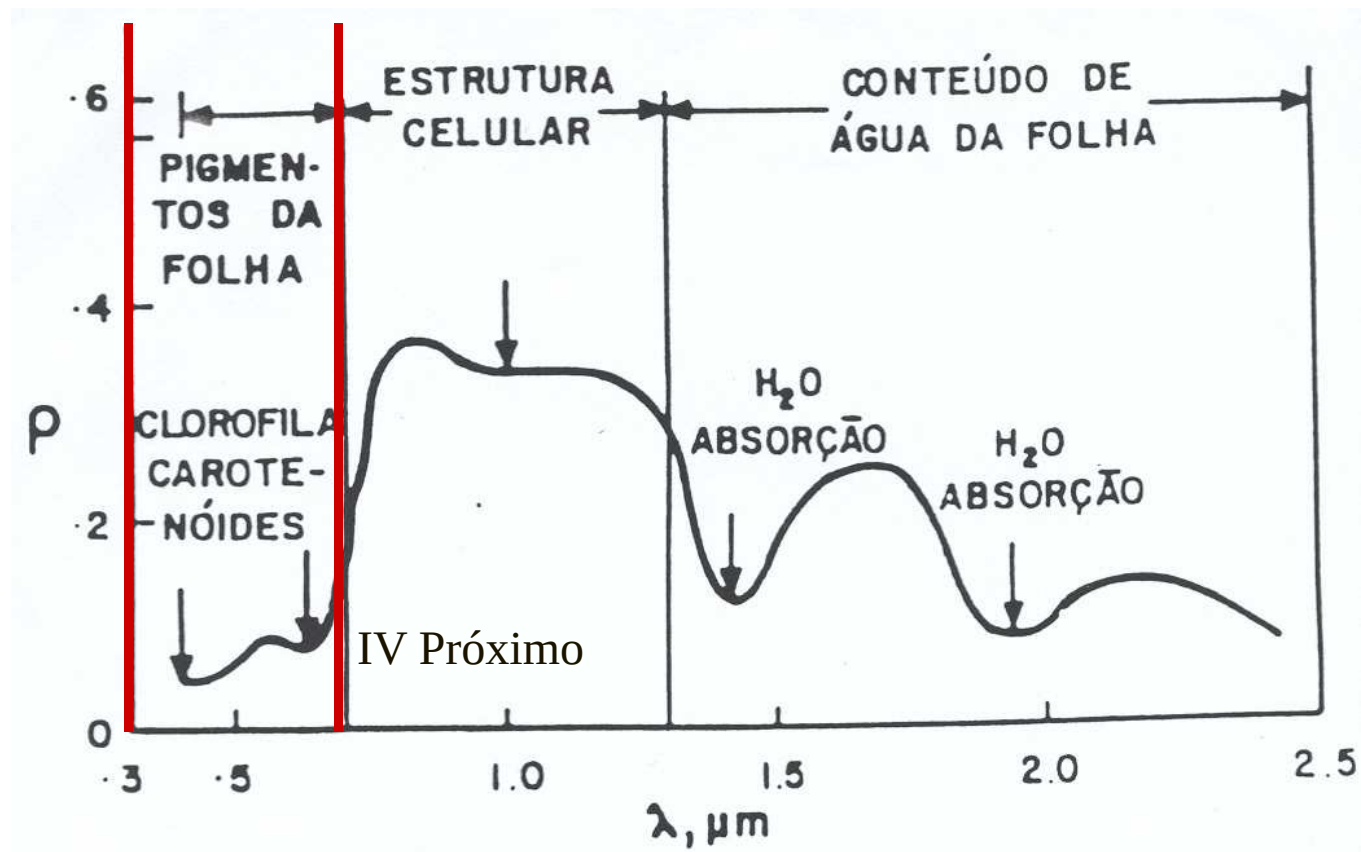
Comportamento Espectral

➔ Vegetação

Reflectância Espectral das Folhas

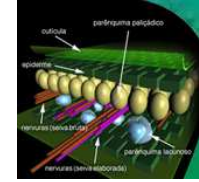


Região do Visível 400- 760 nm)



Comportamento Espectral

➔ Vegetação



Reflectância Espectral das Folhas

Região do visível: (400 – 760 nm)

- ➔ Resposta Espectral - pigmentos das folhas existentes nos cloroplastos
 - ➔ No cloroplasto temos: 65% **clorofila**, 6% **carotenoide** e 29% **xantofila**.
 - ➔ Em geral a cor amarelada ou alaranjada dos carotenóides (carotenos e xantofilas) é mascarada pela cor verde da clorofila, sendo que quando a clorofila é degradada predominam cores mais amarelas a alaranjadas
 - ➔ A clorofila a grande responsável pela absorção da R.E.M. no visível (azul-violeta e vermelho) – Fotossíntese (Energia Luminosa – Química).
 - ➔ A pigmentação das folhas altera a resposta espectral das folhas apenas na região do visível.

Comportamento Espectral

- Reflectância Espectral das Folhas - Visível

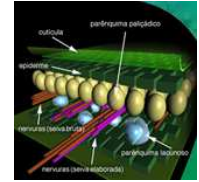
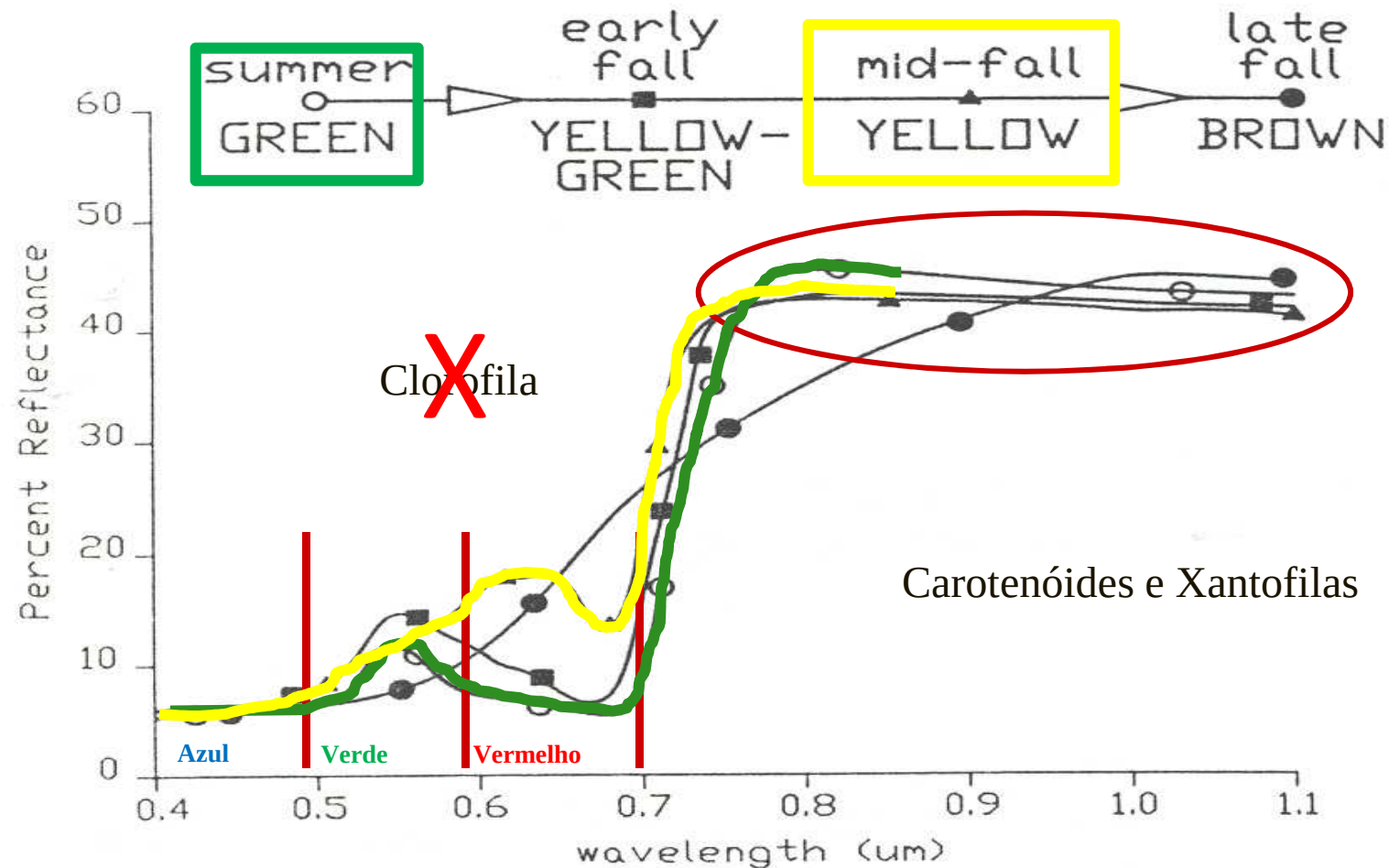
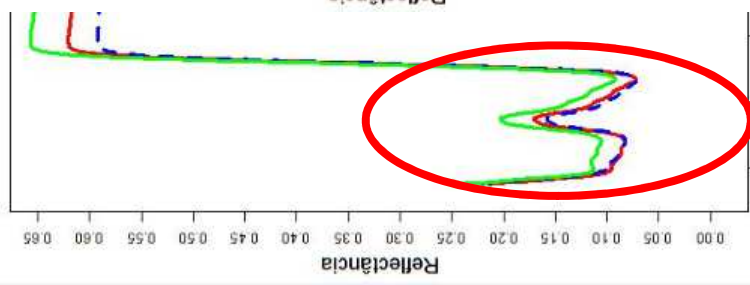


Figure 5. Visible and near-infrared reflectance differences in vegetation due to senescence.

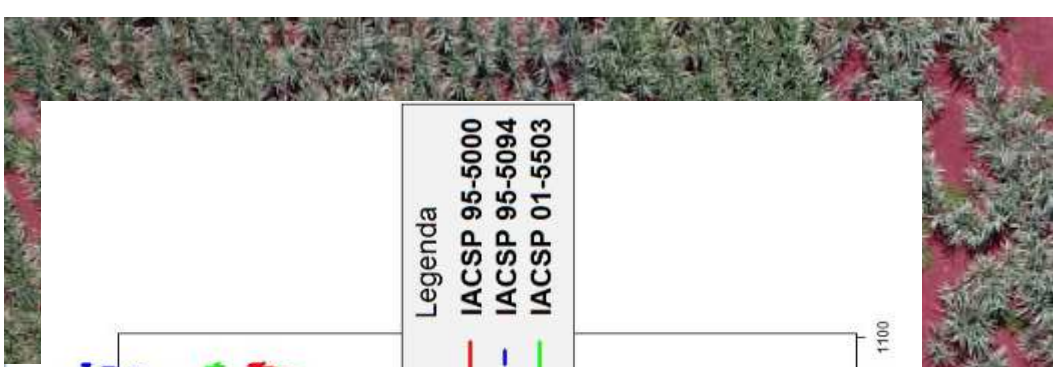
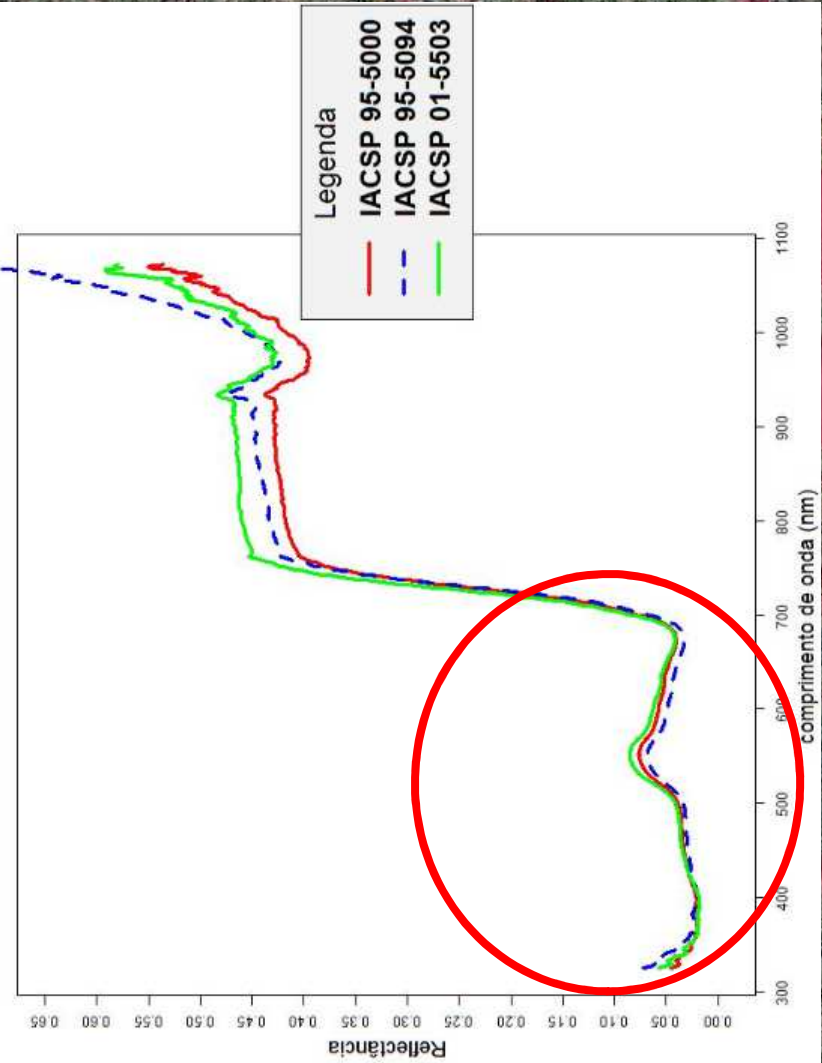




Curvas es



Curvas espectrais Médias das cultivares



Onde podemos usar comportamento espectral do VIS ?



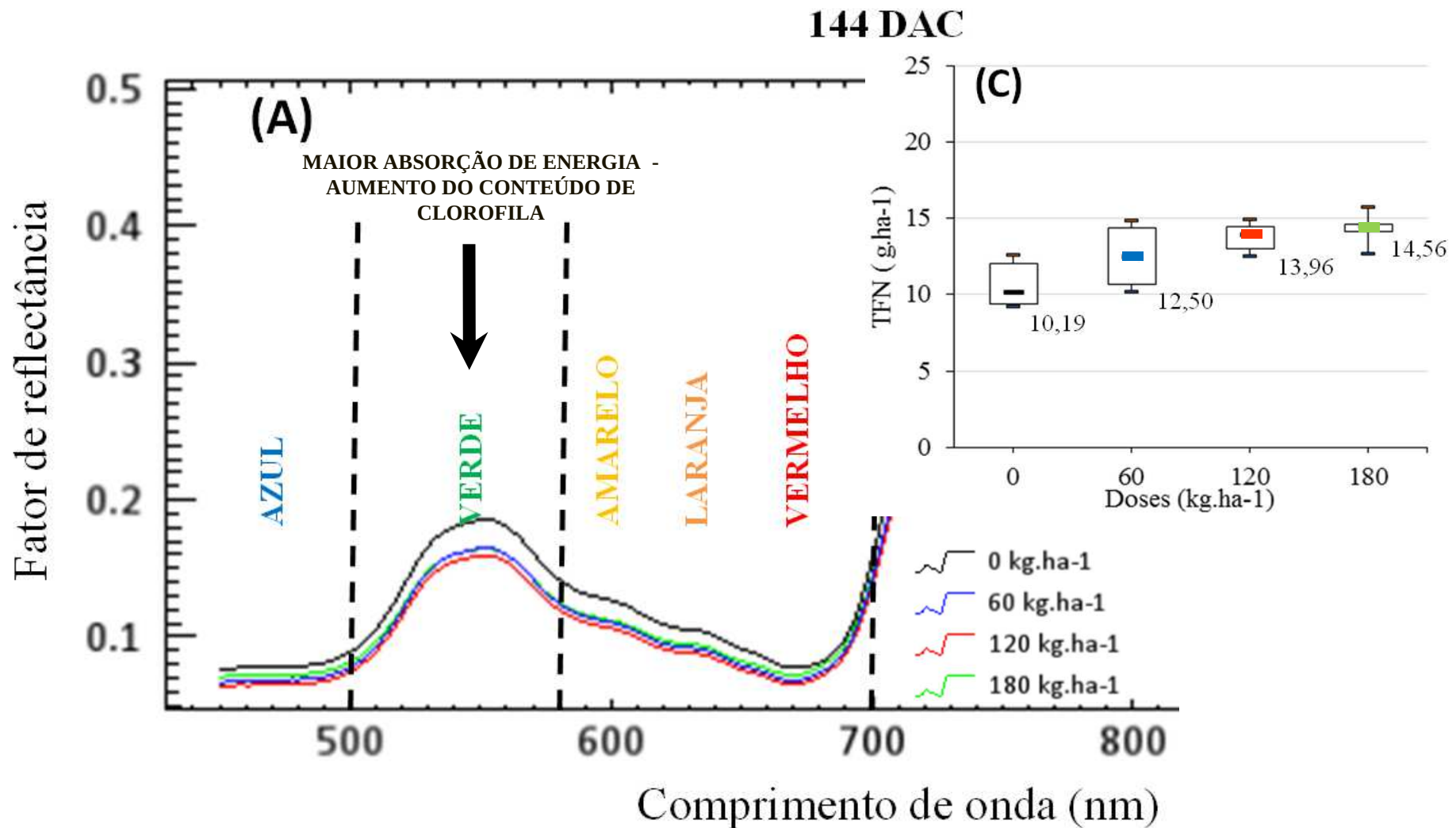
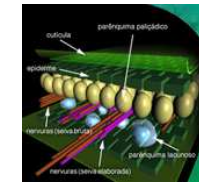




Comportamento Espectral

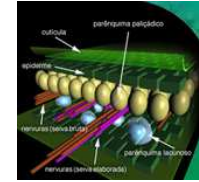
➡ Vegetação

Reflectância Espectral das Folhas - Visível



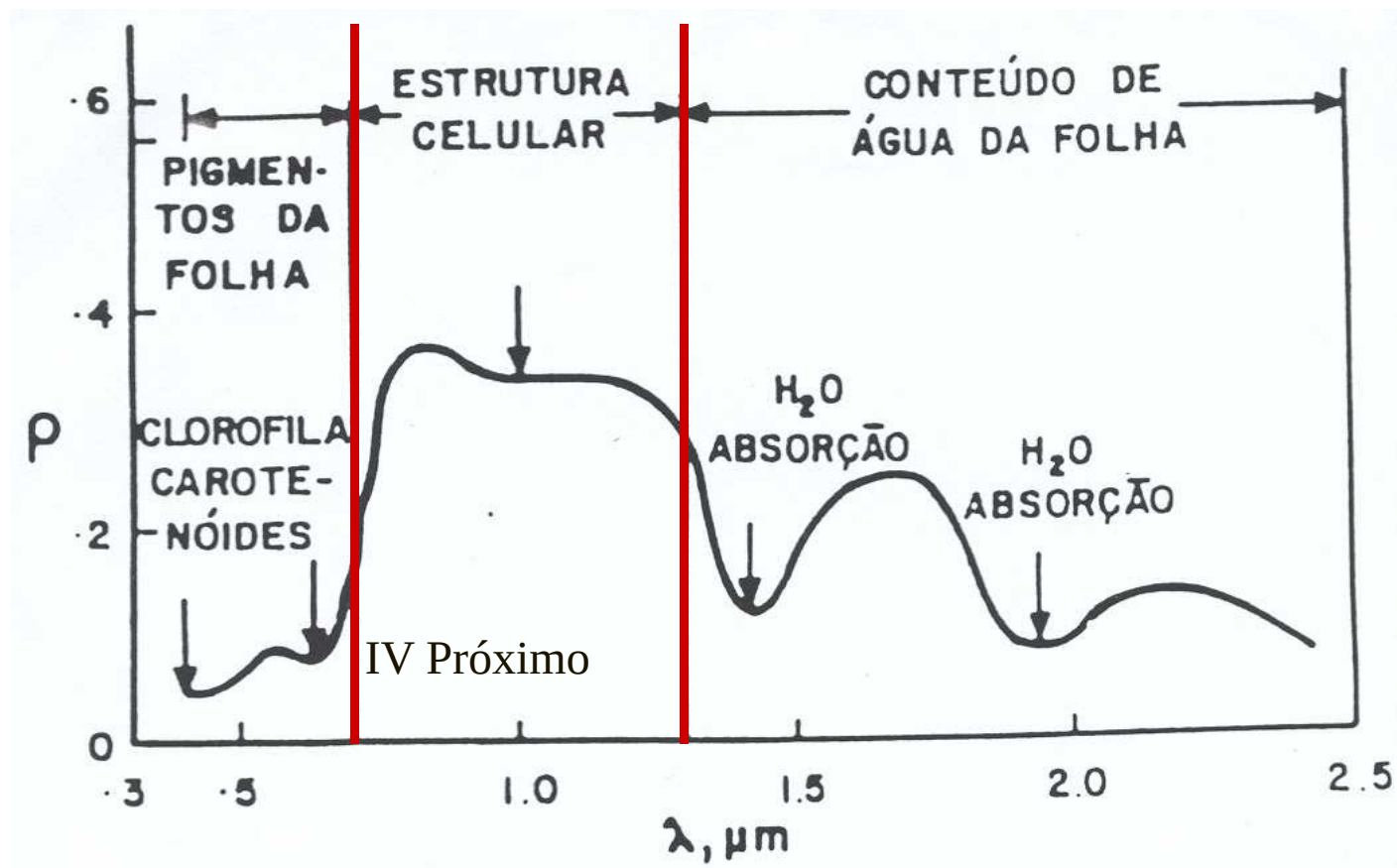
Comportamento Espectral

➡ Vegetação



Reflectância Espectral das Folhas

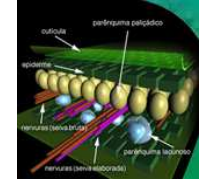
Região do Infravermelho – Próximo: (760 – 1300 nm)



II Grande Guerra – Fotografias Aéreas

Comportamento Espectral

➡ Vegetação



Reflectância Espectral das Folhas

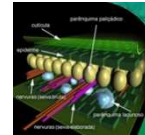
Região do Infravermelho - Próximo

➡ A cutícula e o epiderme de uma folha são praticamente transparente a radiação de IV- Próximo.

➡ A IV Próximo ao chegar as células do mesófilo esponjoso e às cavidades existente no interior das folhas é espalhado e submete-se as múltiplas reflexões e refração que ocorrem devido a diferença dos índices de refração do ar (1.0) e das paredes celulósicas hidratadas (1.4).

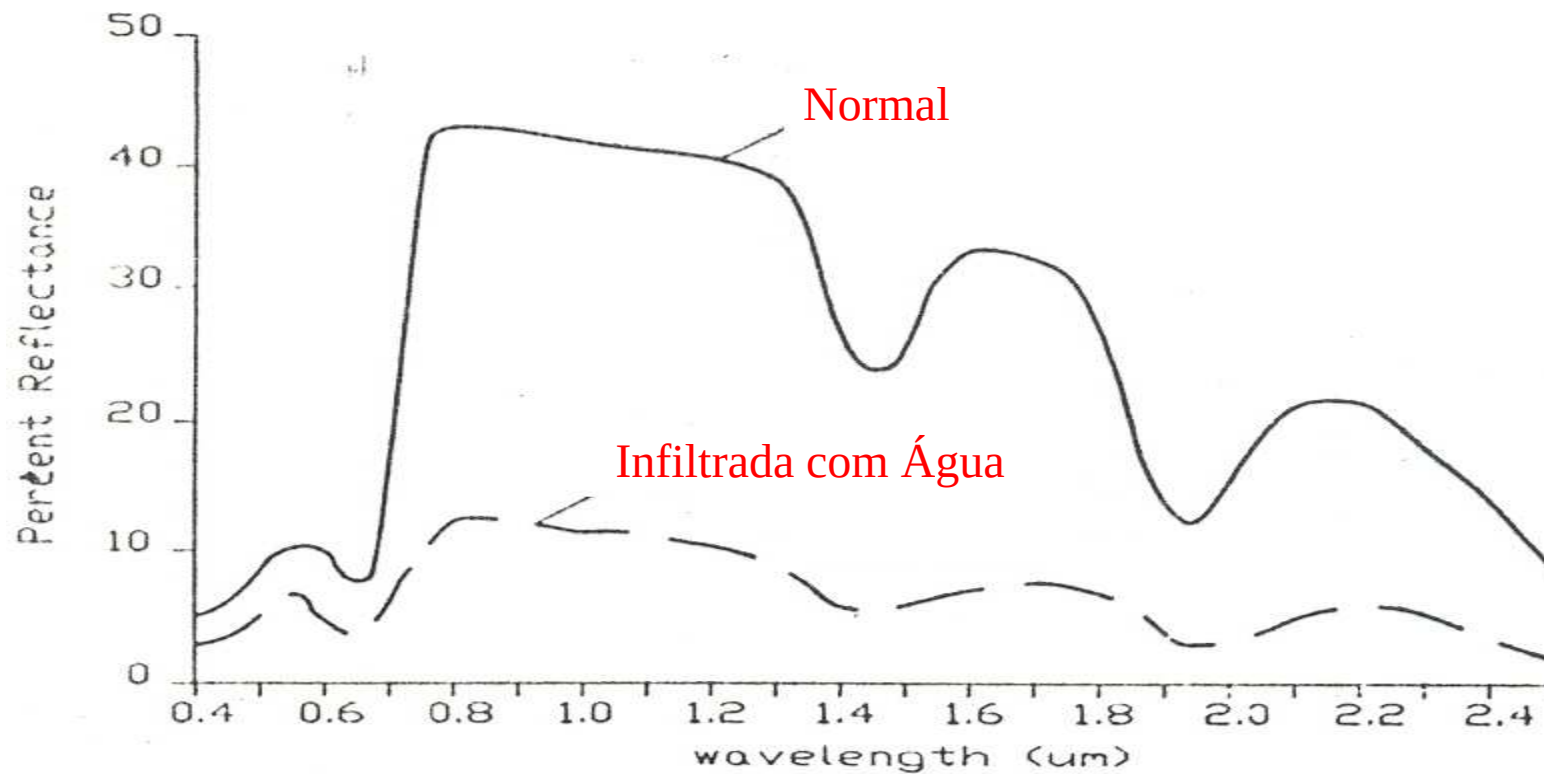
Comportamento Espectral

➔ Vegetação

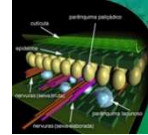


Reflectância Espectral das Folhas - IVP

Figure 6. 400-2500 nm spectral reflectance of infiltrated and non-infiltrated leaves (adapted from Gausman, 1985).

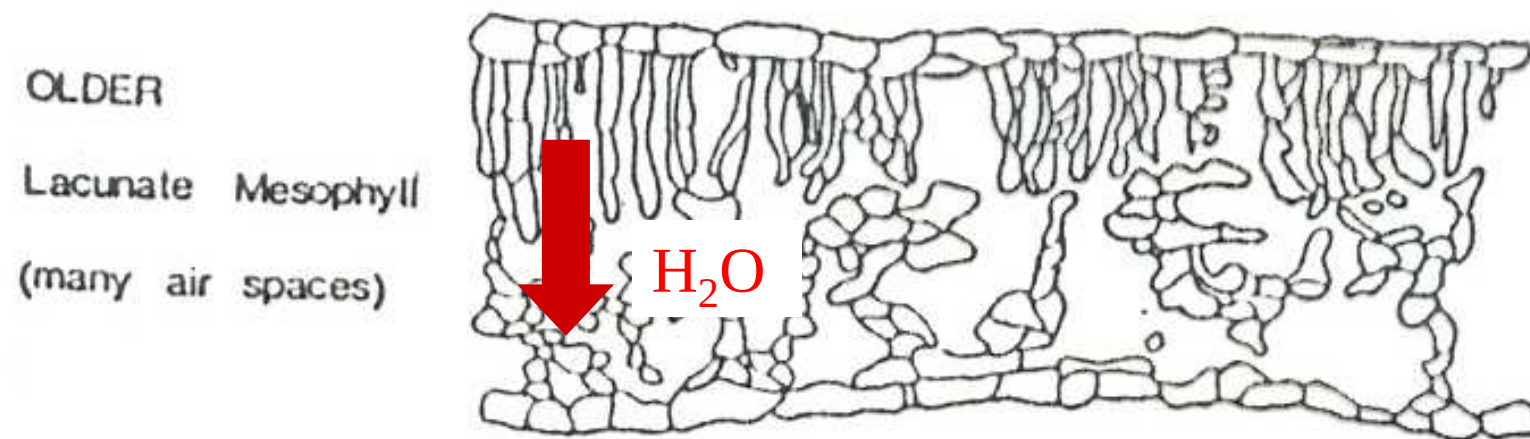
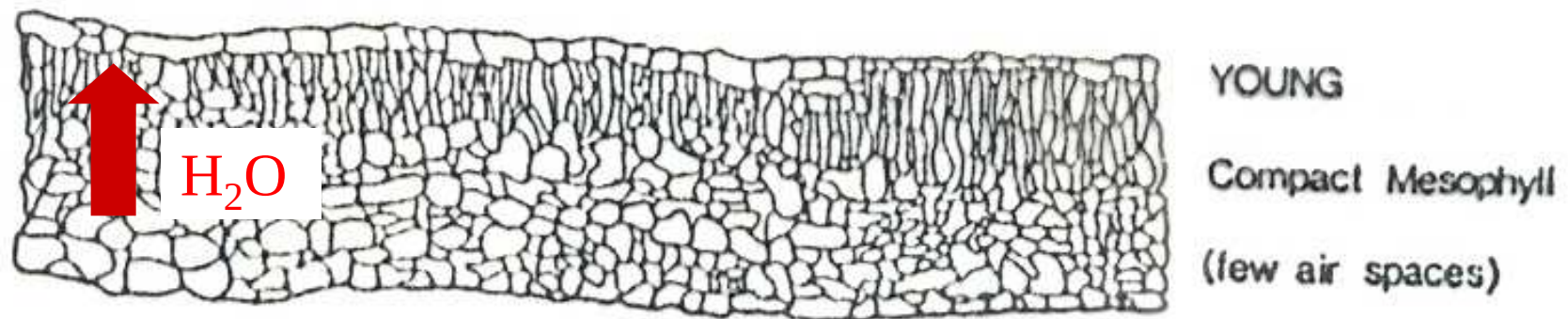


Comportamento Espectral



➡ Vegetação

Reflectância Espectral das Folhas - IVP

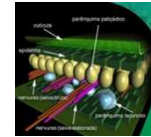


Índices de refração do ar (1.0) e das paredes celulósicas hidratadas (1.4)

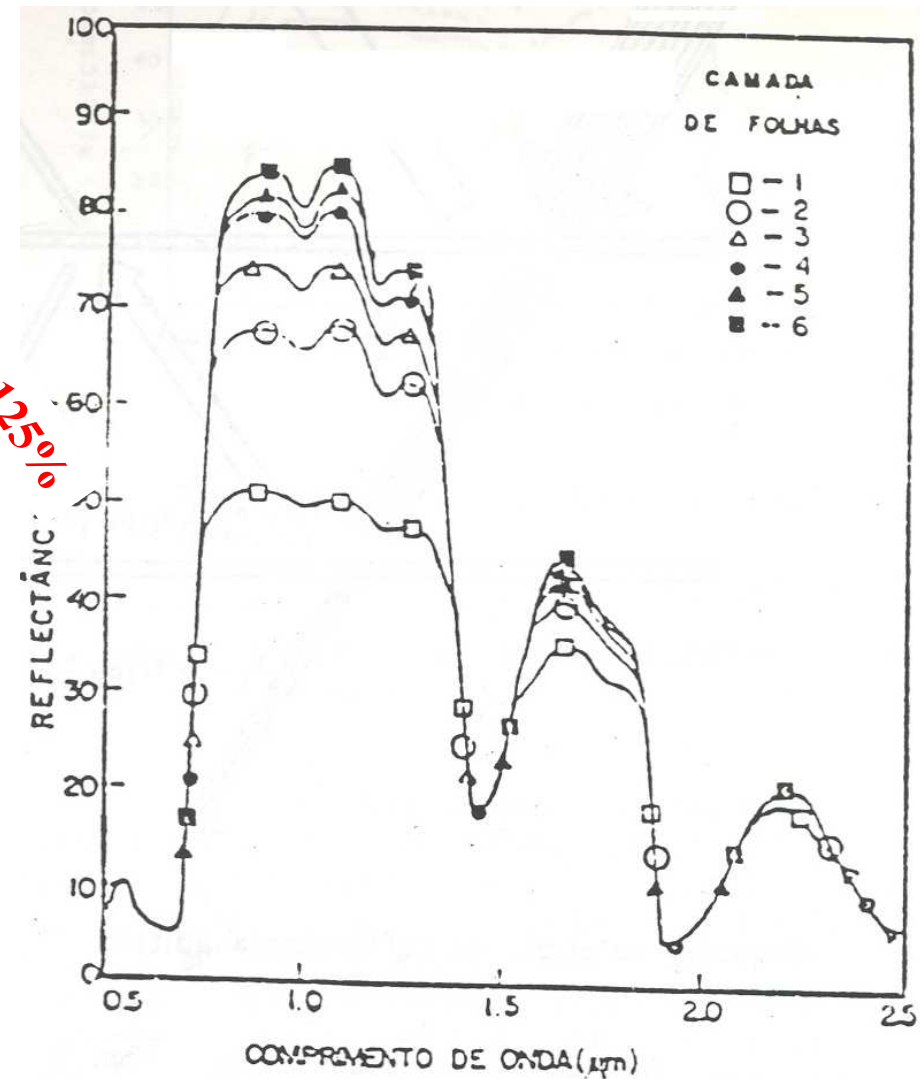
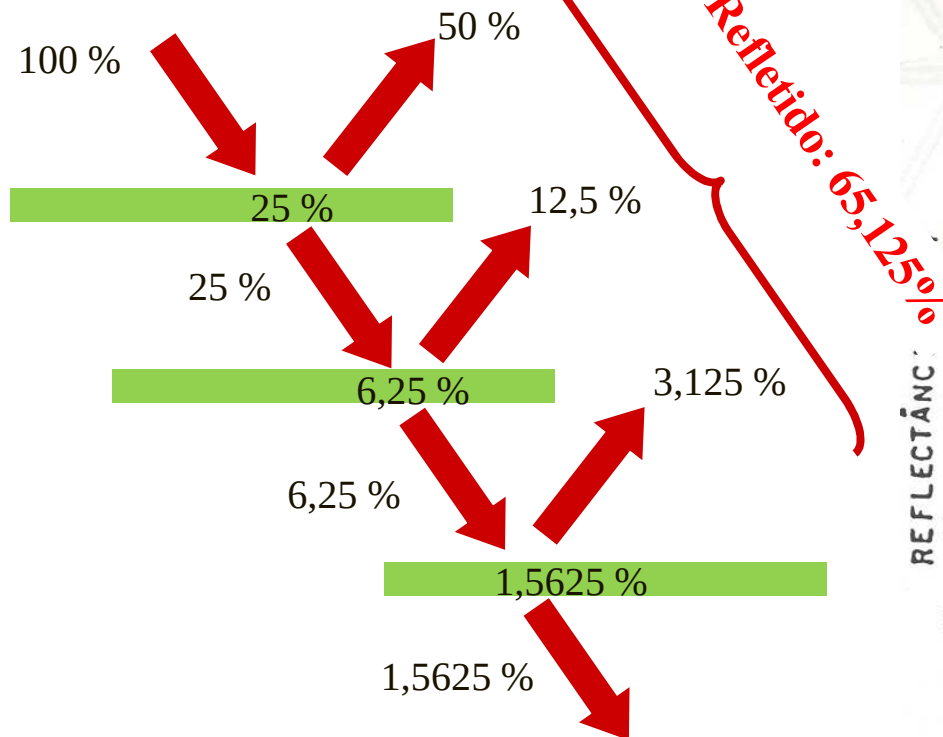
Comportamento Espectral

➡ Vegetação

Reflectância Espectral das Folhas - IVP

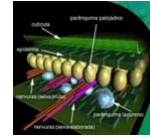


Refletância Aditiva

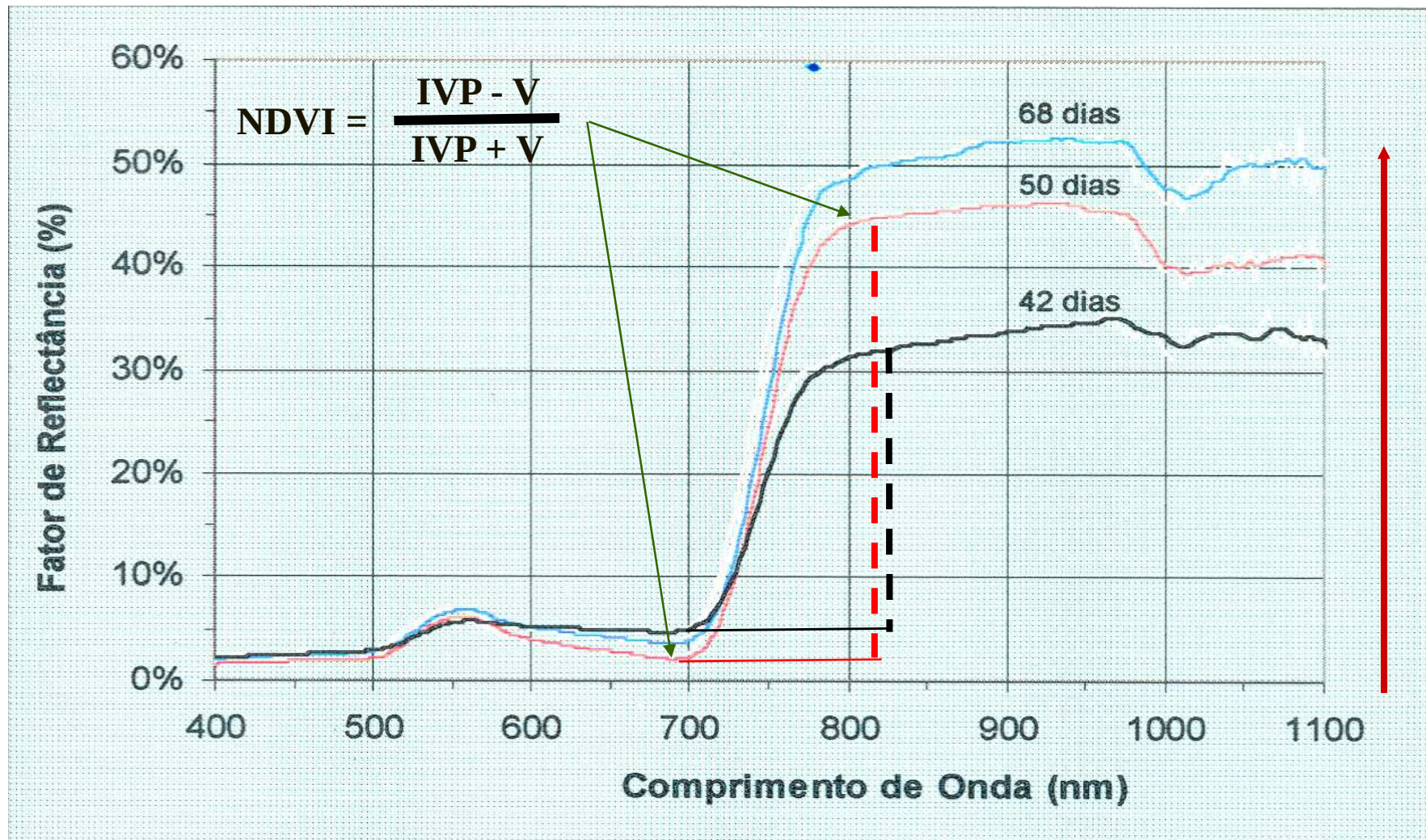


Comportamento Espectral

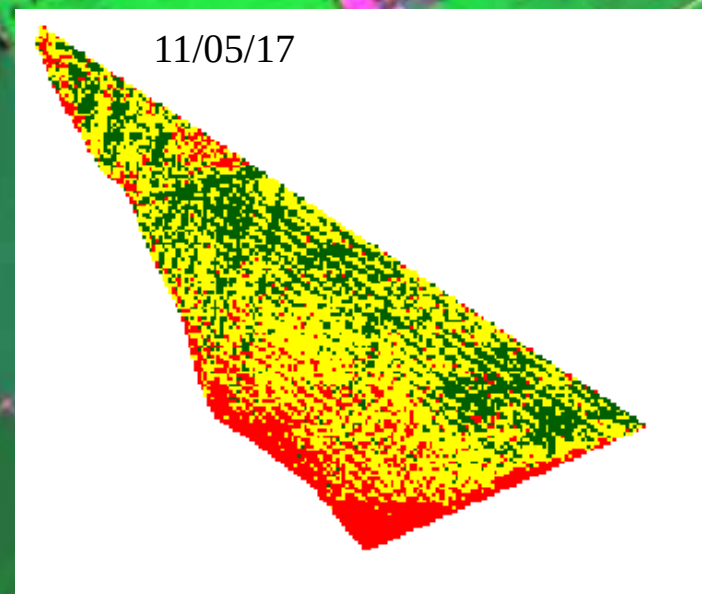
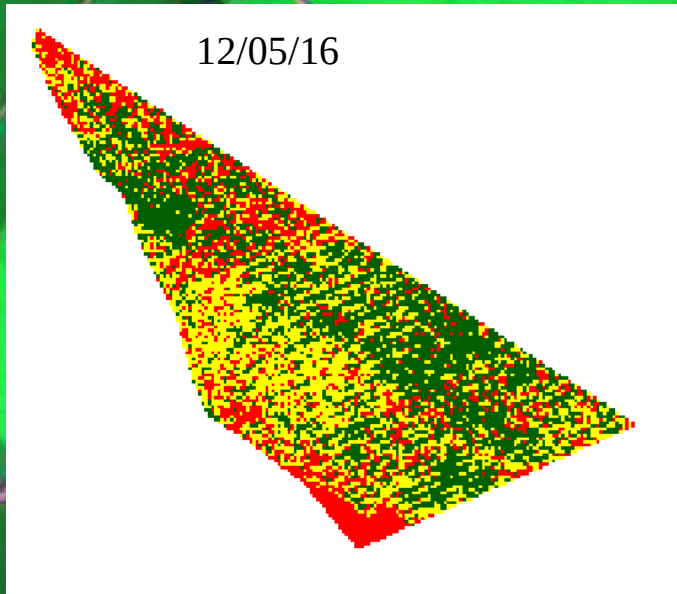
➡ Vegetação



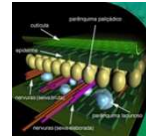
Reflectância Espectral das Folhas - IVP



Cultura do feijão aos 42, 50 e 68 dias de idade (Cunha, 2000)



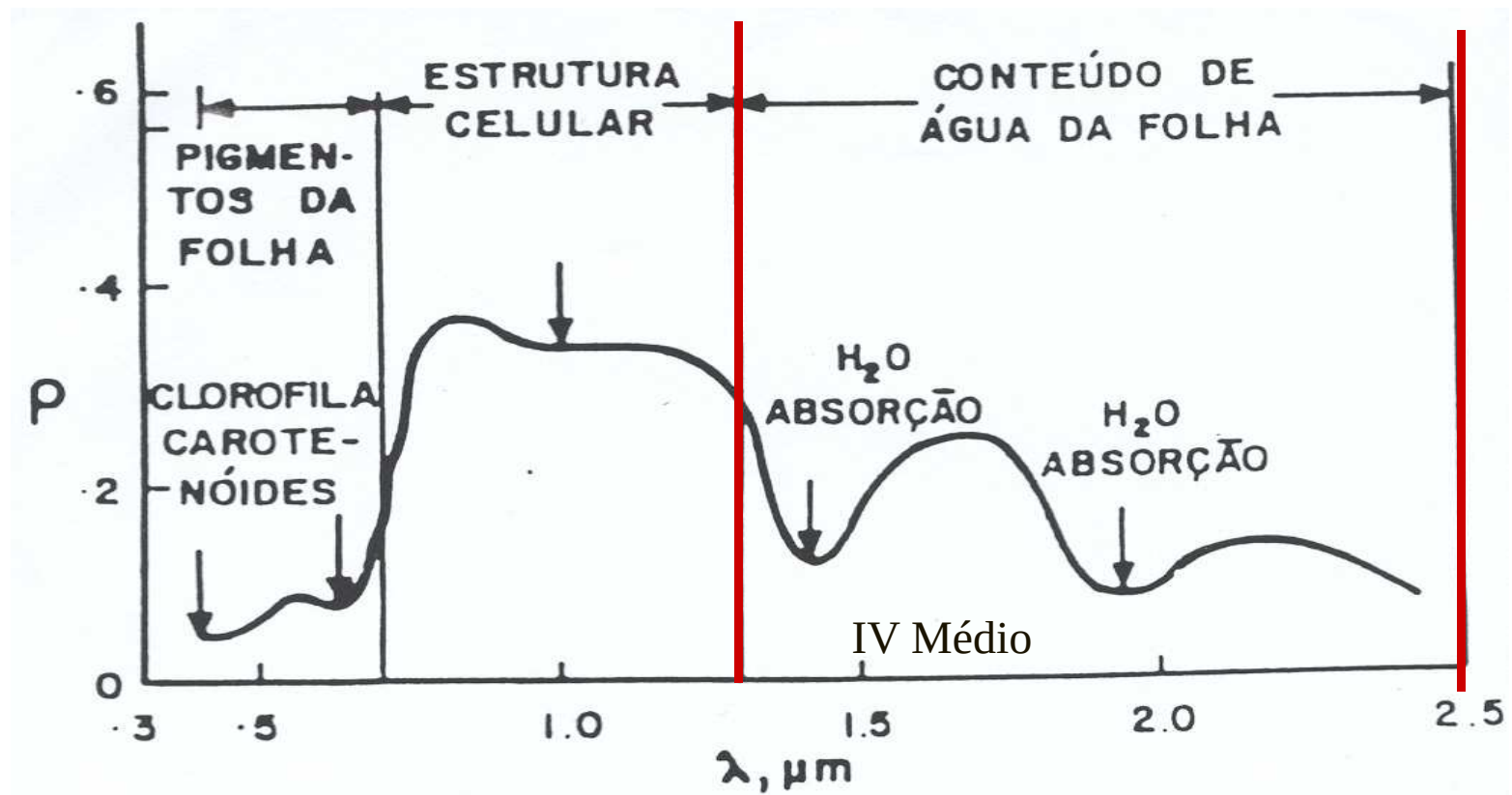
Comportamento Espectral



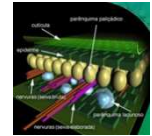
➔ Vegetação

Reflectância Espectral das Folhas

Região do Infravermelho – Médio: (1300 - 3000 nm)



Comportamento Espectral



➡ Vegetação

Reflectância Espectral das Folhas

Região do Infravermelho – Médio: (1300 - 3000 nm)

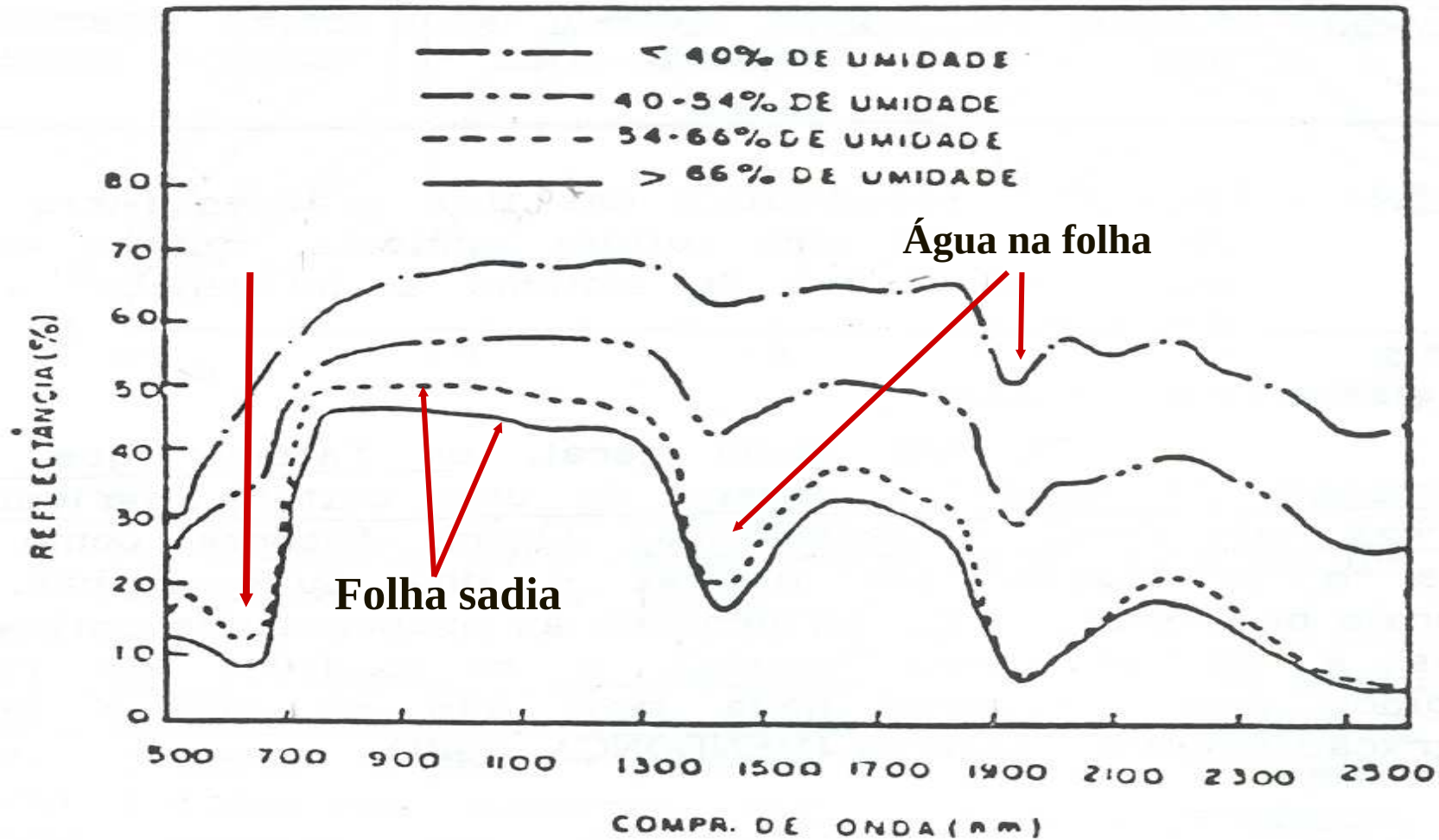
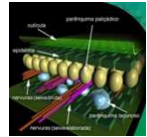
➡ Nessa região a resposta espectral de uma folha sadia é caracterizada principalmente pela absorção de energia pela água que ocorrem próximas a 1500nm 1900nm e 2700nm.

➡ Essa absorção de energia promove as transições dos estados vibratórios e rotacionais das moléculas de água.

Comportamento Espectral

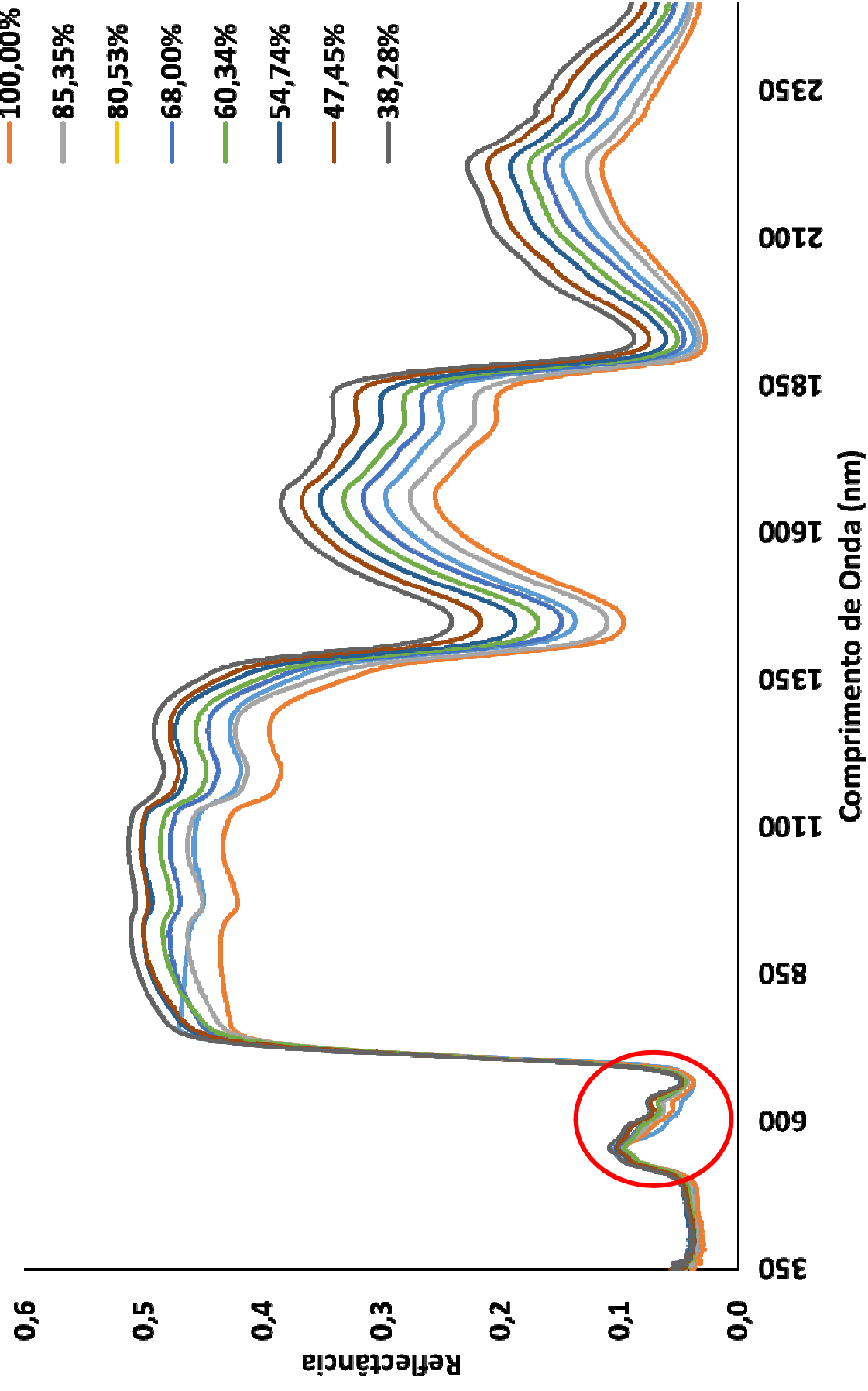
➔ Vegetação

Reflectância Espectral das Folhas - IVM



Folha de milho, onde variou o teor de umidade

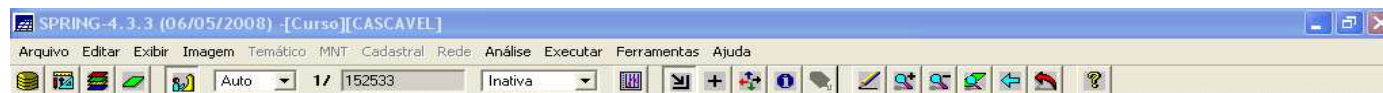
Terço Superior- GG100



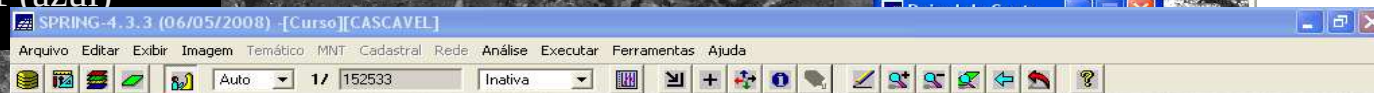
**SENSORES
HIPERESPECTRAIS**

X

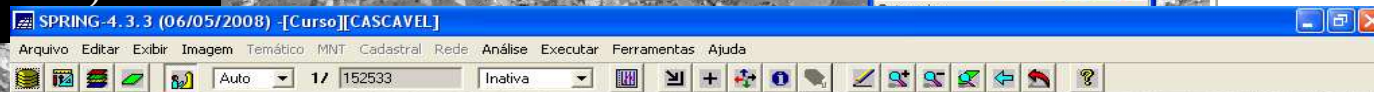
IMAGENS ORBITAIS



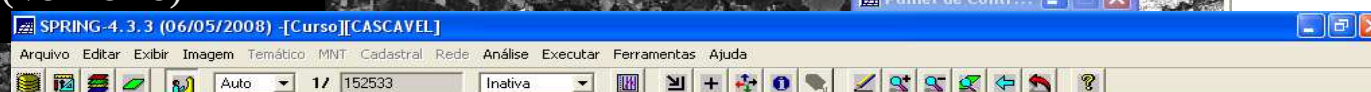
TM-1 (azul)



TM-2 (Verde)



TM-3 (Vermelho)



TM-4 (IVP)

