

Uso de dados de sensoriamento remoto para o monitoramento do estresse das culturas agrícolas

**Denise Cybis Fontana
Eliana Lima da Fonseca**

Definições e conceitos

O estresse em plantas é uma reação adversa às condições ambientais que são desfavoráveis ao crescimento vegetal.

Estas condições ambientais desfavoráveis são conhecidas como fatores de estresse.

Sintomas do estresse

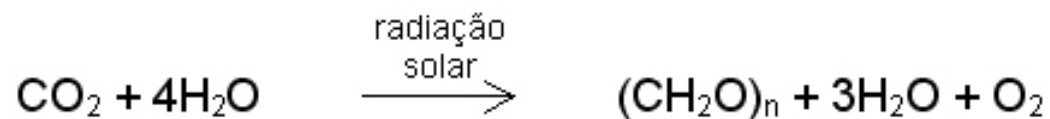
Quando uma planta sofre a ação de um fator de estresse podem ser observados sintomas:

- Morfológicos (que alteram a forma da vegetação) ou
- Fisiológicos (que alteram a funcionalidade da vegetação).

Os sintomas fisiológicos freqüentemente aparecem antes dos sintomas morfológicos.

Sintomas fisiológicos: fotossíntese

O crescimento e o desenvolvimento das plantas é baseado na transformação da radiação solar incidente em carboidratos, através de reações bioquímicas conhecidas como fotossíntese, que se processam nos cloroplastos das plantas.



Sintomas fisiológicos: fotossíntese

A diminuição nas taxas de fotossíntese é portanto um critério importante na avaliação dos danos causados pelos fatores de estresse físico-químicos.

Sintomas morfológicos observados:

- diminuição na produção de biomassa (IAF, MS,...)
- mudança de coloração das folhas

Alguns sintomas morfológicos dos efeitos
dos fatores de estresse



Monitoramento do estresse da vegetação através de sensoriamento remoto

PRÉ-SUPOSTOS:

1. Os efeitos do estresse podem ser medidos:
 - diretamente (medições nas taxas fotossintéticas) ou;
 - indiretamente (medições de parâmetros de crescimento).
2. As medições dos efeitos do estresse nas plantas utilizando sensoriamento remoto são sempre indiretas.

Monitoramento do estresse da vegetação através de sensoriamento remoto

3. O sucesso do uso de técnicas de sensoriamento remoto depende da possibilidade de relacionar as medidas feitas pelos sensores remotos com às propriedades da vegetação.

4. Para que esta relação possa ser feita, as alterações que a radiação sofre devido à interação com a vegetação e devido aos fatores ambientais, precisam ser entendidas e especificadas.

Monitoramento dos sintomas de estresse
utilizando sensores portáteis
(micro escala)

ESPECTRORRADIÔMETRO

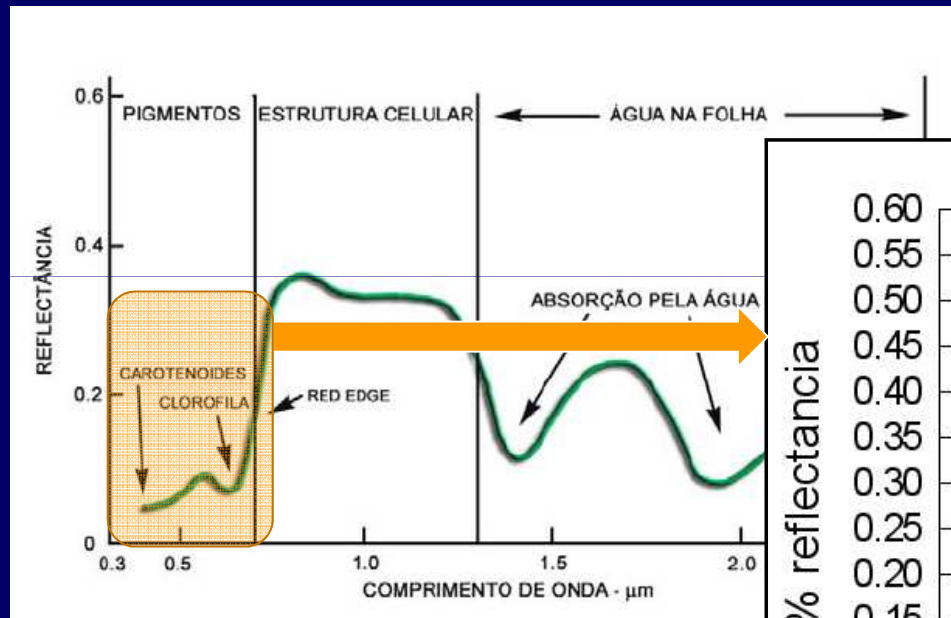
1. Fator: DEFICIÊNCIA NUTRICIONAL

Níveis de adubação monitorado através das bandas do VISÍVEL

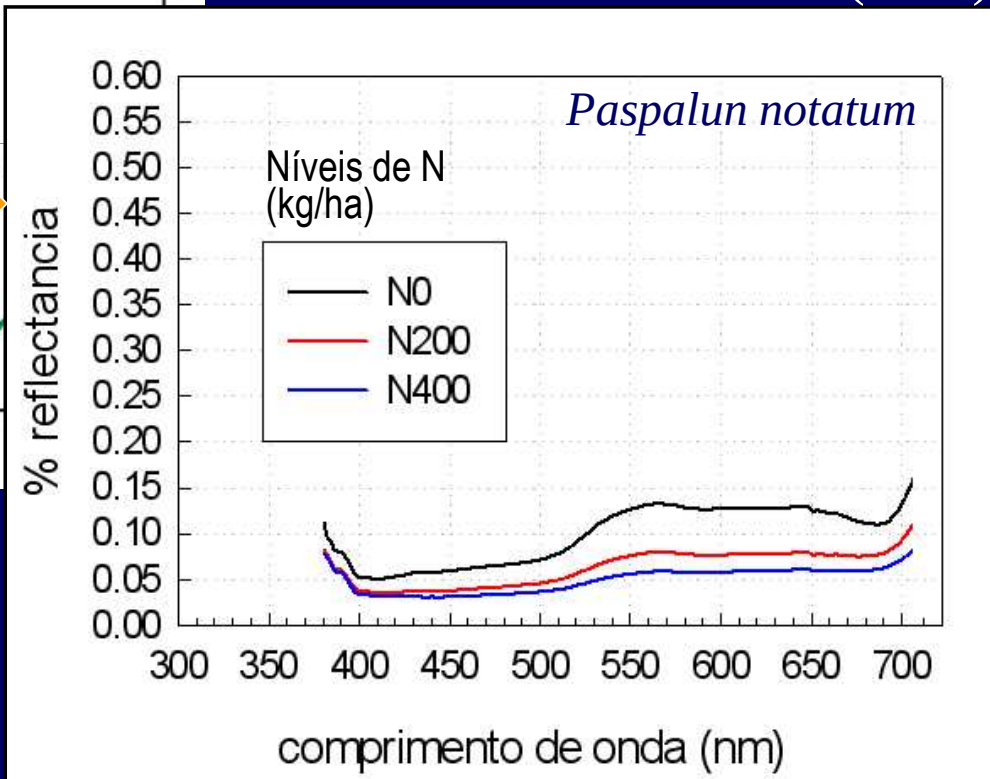


1. Fator: DEFICIÊNCIA NUTRICIONAL

Níveis de adubação monitorado através das bandas do VISÍVEL

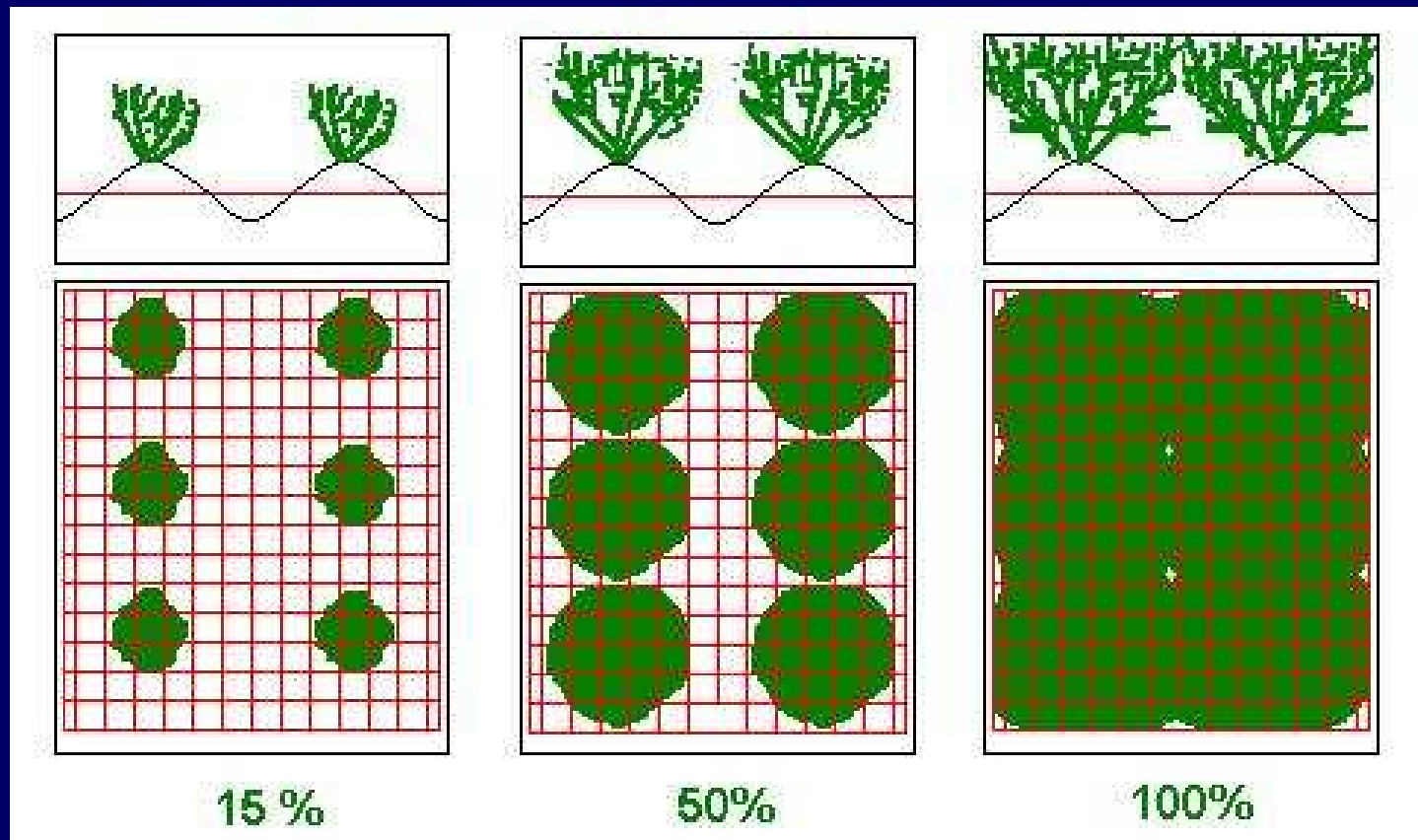


Fonseca (2000)



1. Fator: DEFICIÊNCIA NUTRICIONAL

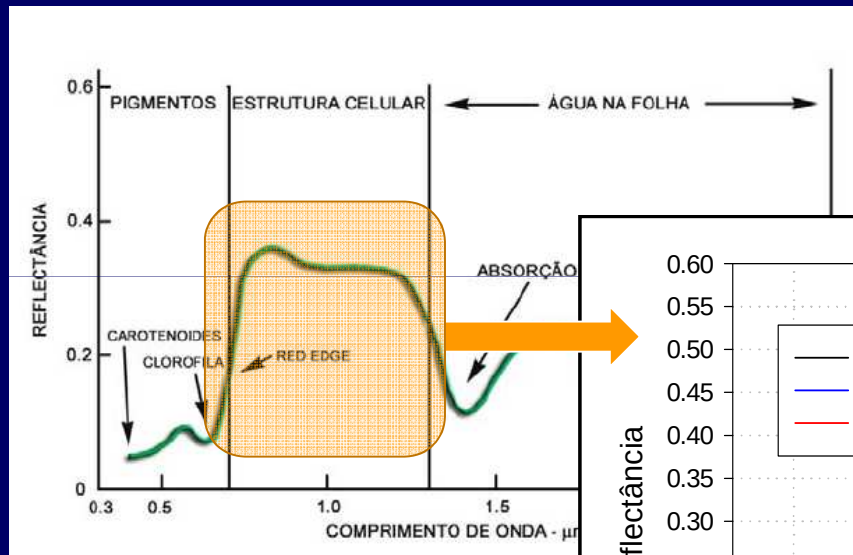
Níveis de adubação monitorado através das bandas do INFRAVERMELHO PRÓXIMO



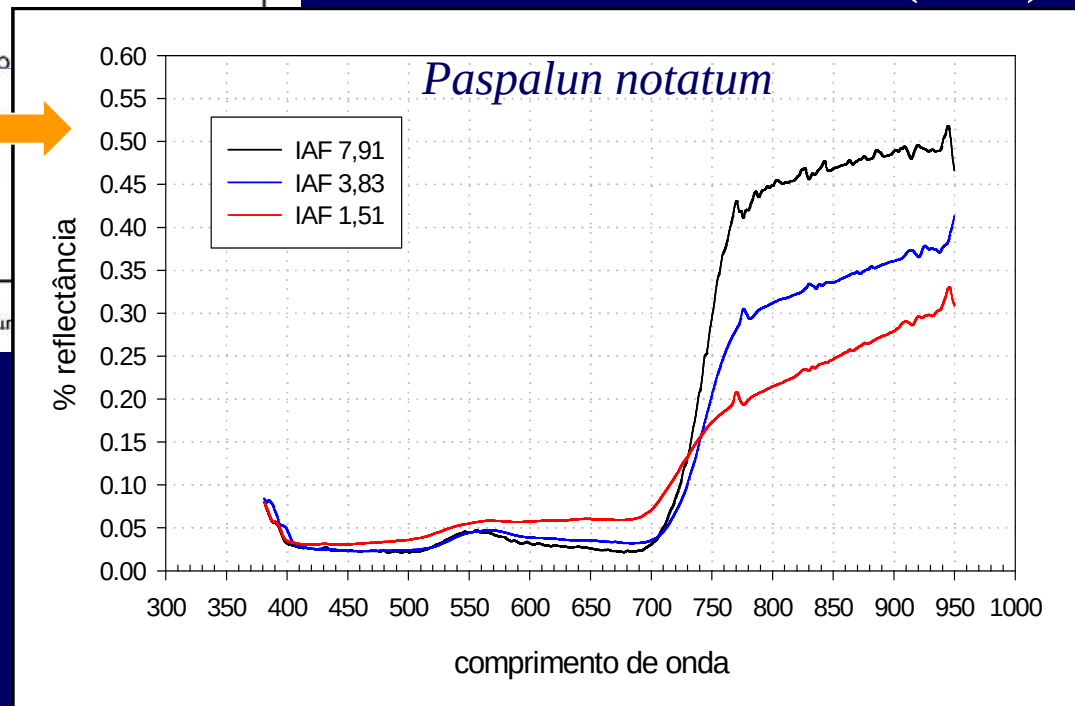
Variação na quantidade de cobertura do solo pela vegetação verde

1. Fator: DEFICIÊNCIA NUTRICIONAL

Níveis de adubação monitorado através das bandas do INFRAVERMELHO PRÓXIMO



Fonseca (2000)



2. Fator: DEFICIÊNCIA HÍDRICA

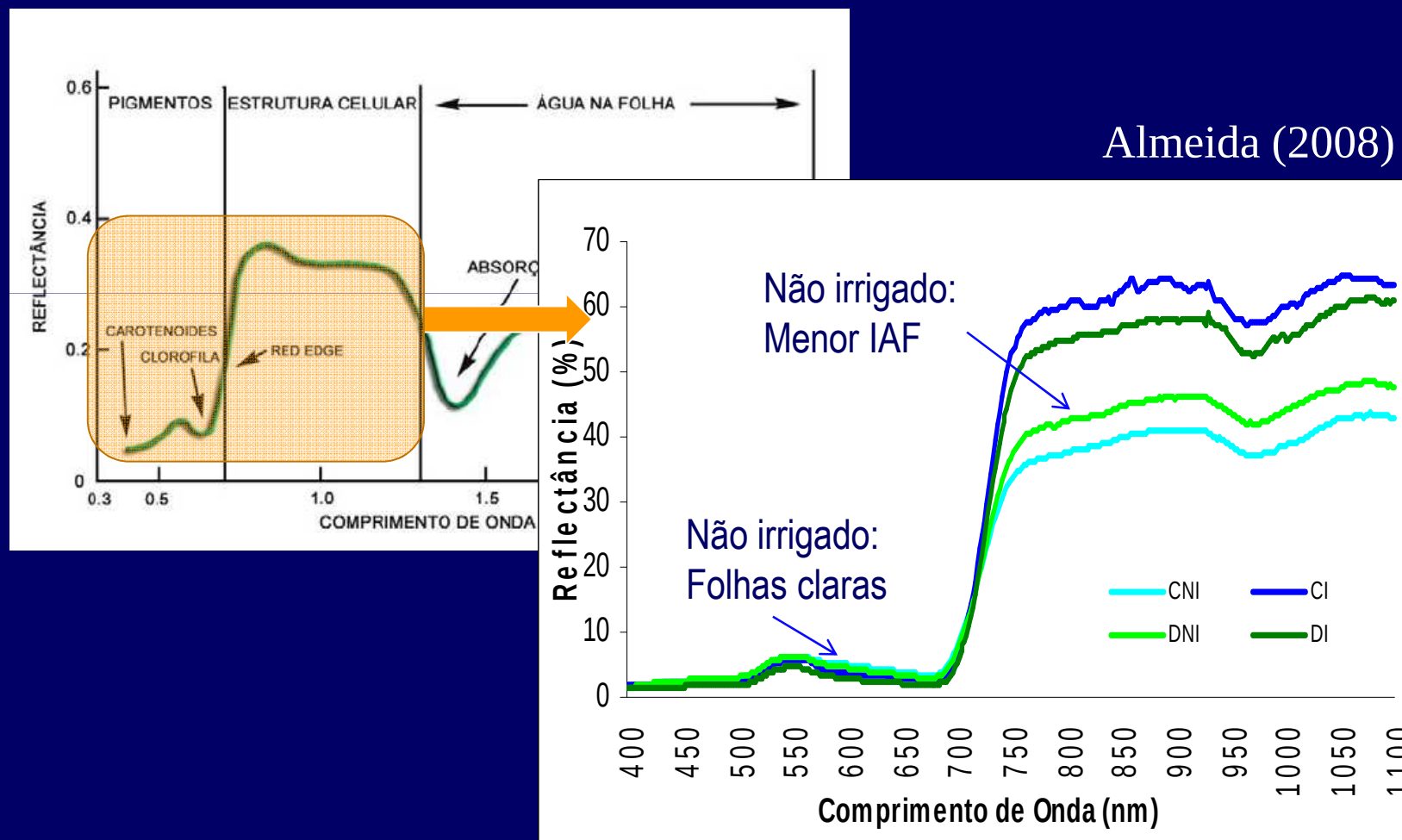
Interação entre níveis de irrigação e manejo monitorado através das bandas do VISÍVEL e INFRAVERMELHO PRÓXIMO



Soja irrigada (I) e não irrigada (NI) em plantio direto (D) e convencional (C) – Almeida et al (2004)

2. Fator: DEFICIÊNCIA HÍDRICA

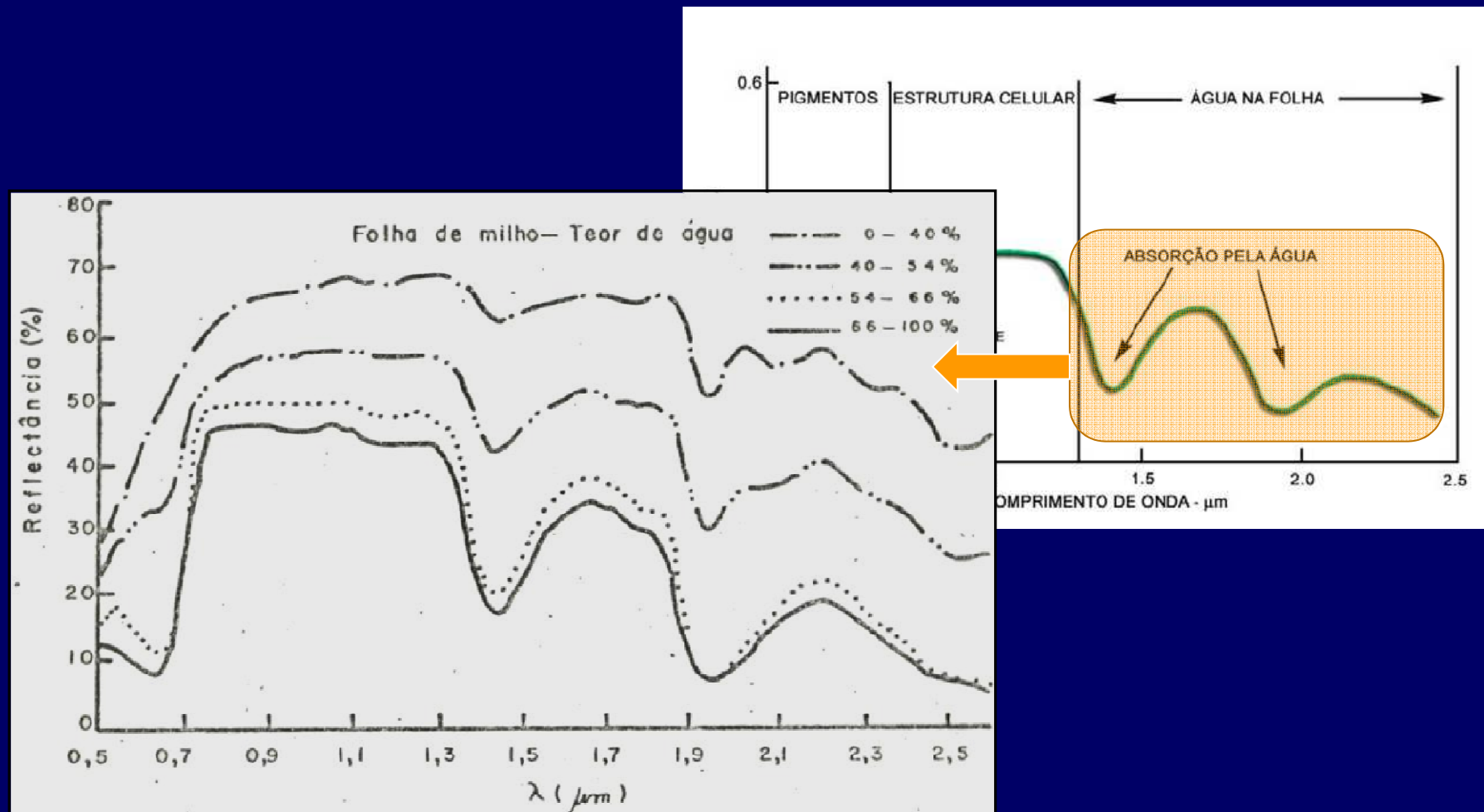
Interação entre níveis de irrigação e manejo monitorado pelas bandas do VISÍVEL e INFRAVERMELHO PRÓXIMO



Soja irrigada (I) e não irrigada (NI) em plantio direto (D) e convencional (C)

2. Fator: DEFICIÊNCIA HÍDRICA

Estado hídrico monitorado através das bandas do INFRAVERMELHO MÉDIO E TERMAL



2. Fator: DEFICIÊNCIA HÍDRICA

Estado hídrico monitorado através das bandas do INFRAVERMELHO MÉDIO E TERMAL



2. Fator: DEFICIÊNCIA HÍDRICA

Estado hídrico monitorado através das bandas do INFRAVERMELHO MÉDIO E TERMAL



**Estresse
Hídrico**



Fechamento
Estomático
(redução
do potencial
hídrico)



Cessa a
Transpiração



Elevação
da temperatura

2. Fator: DEFICIÊNCIA HÍDRICA

Estado hídrico monitorado através das bandas do INFRAVERMELHO MÉDIO E TERMAL

Grau-dia de Estresse (Moran, 2004)

Relacionado ao consumo de água pela planta

Tem sido usado para planejar irrigação agrícola, monitorar estresse em gramados e melhorar as estimativas de rendimento

$$SDD = \sum_{i=1}^n (T_c - T_a)_i$$

Onde:

T_c é a temperatura do dossel (SR) próxima do meio dia;

T_a é a temperatura do ar (est meteorológica)

3. Fator: DOENÇAS em folhas

SENSORIAMENTO REMOTO

Meio rápido, objetivo, acurado e não destrutivo
para estimar o IAFverde
(determinação indireta)



Alta correlação entre
IAFverde e reflectância (700 – 900µm)

3. Fator: DOENÇAS Severidade da infestação

INFRATERMELHO PRÓXIMO (800nm) – *cropsan radiometer*



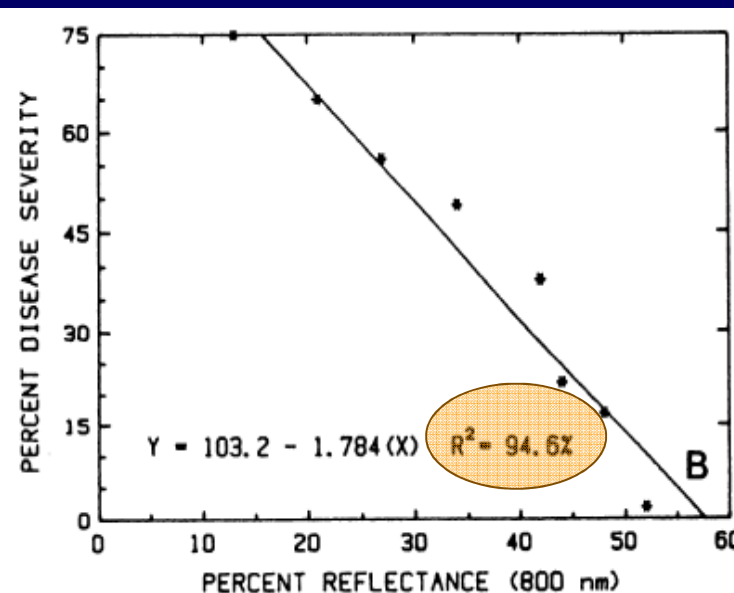
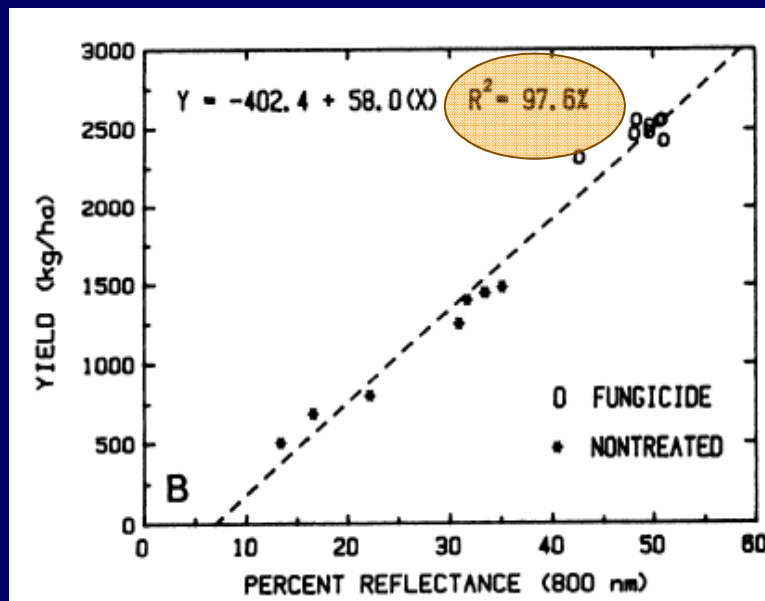
Ferrugem em amendoim

Cultura:
Amendoim

Doença:
Ferrugem

Sintoma:
Desfoliação
e manchas
escuras

↓
Diminui ρ



Nutter (1989)

Monitoramento dos sintomas de estresse
utilizando sensores aerotransportados
(escala local)

AGRICULTURA DE PRECISÃO

Agricultura de precisão:

Severidade de infecção em lavoura de arroz irrigado

ADAR (*Airborne Data Acquisition and Registration*)
 Índice de doença (DI) – determinado no campo
 Doença: Queima da bainha do arroz

Table 3
 Correlation analysis of the highlighted indices for all images

Image indices	Correlation R	T test ^a
Image 7/24		
RI ₂₄	0.41570	10.69950
RI ₁₄	0.30810	7.58123
RI ₄₃	0.31786	10.7465
SDI ₂₄	0.41642	10.72188
SDI ₁₄	0.45025	11.80429
SDI ₄₃	0.30757	7.56695
Image 8/4		
RI ₂₄	0.66704	20.95891
RI ₁₄	0.67458	21.39170
RI ₄₃	0.57993	16.66408
SDI ₂₄	0.63819	19.40523
SDI ₁₄	0.62664	18.82342
SDI ₄₃	0.48223	12.89783
Image 8/17		
RI ₂₄	0.45891	12.09119
RI ₁₄	0.62170	18.58107
RI ₄₃	0.47662	12.69154
SDI ₂₄	0.70784	23.45816
SDI ₁₄	0.56438	16.00450
SDI ₄₃	0.42694	11.05220

^a All have d.f. = 548 and are statistically significant at $\alpha = 0.05$.

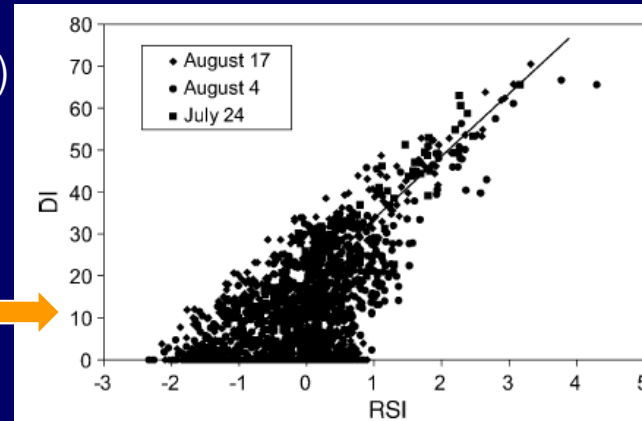
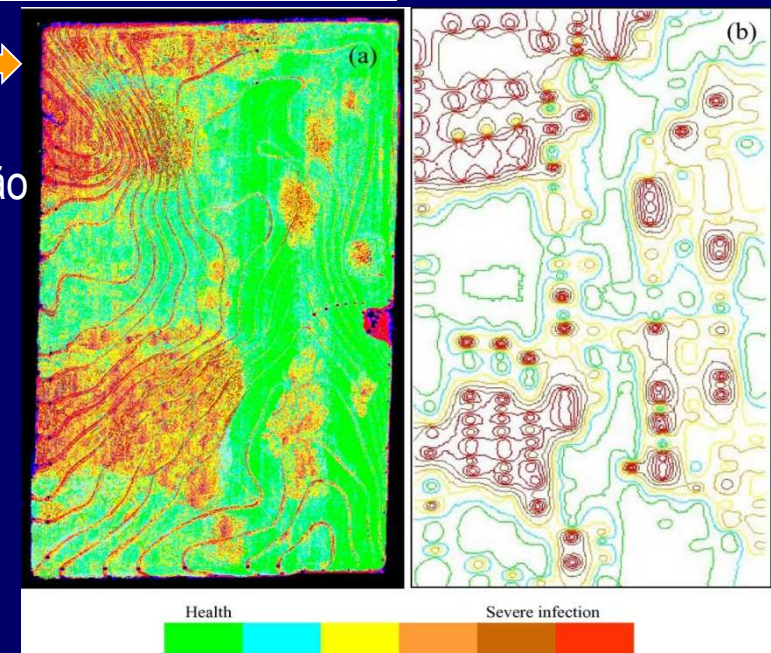


Fig. 6. Correlations between RSI and DI for remote sensing of the rice disease. The lines inside is the fitted regression equation.

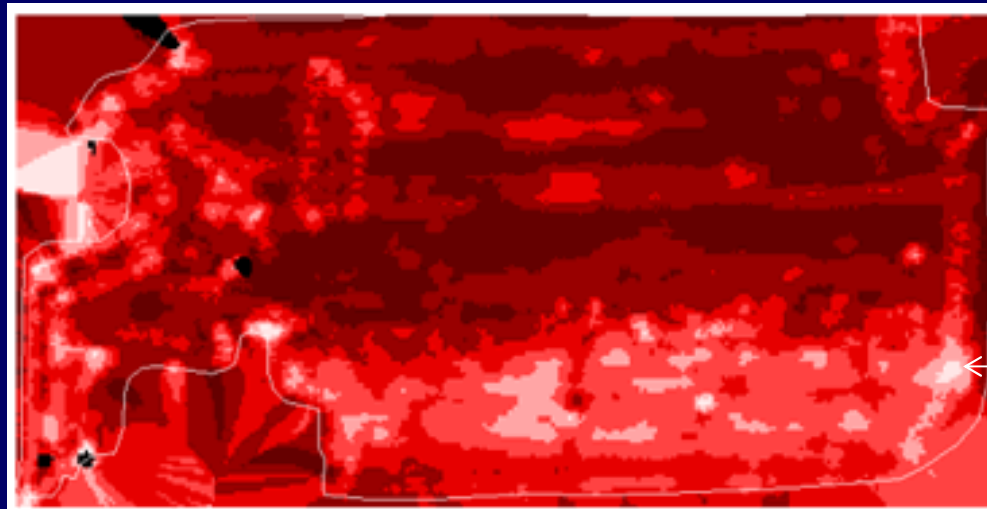
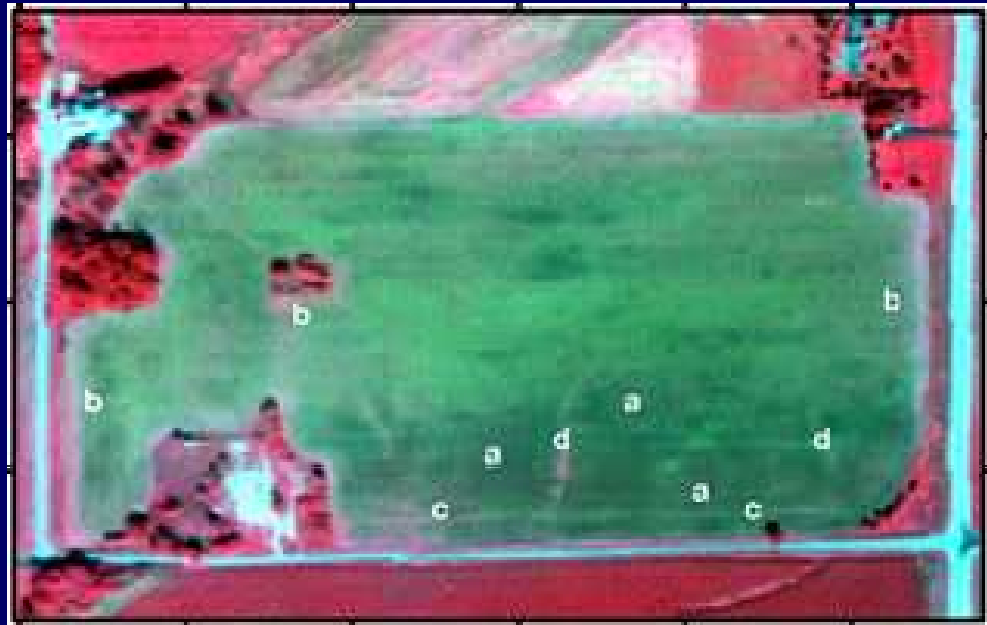
Qin e Zhang (2005)



Maior correlação
 ↓
 RSI
 (índice
 combinado)

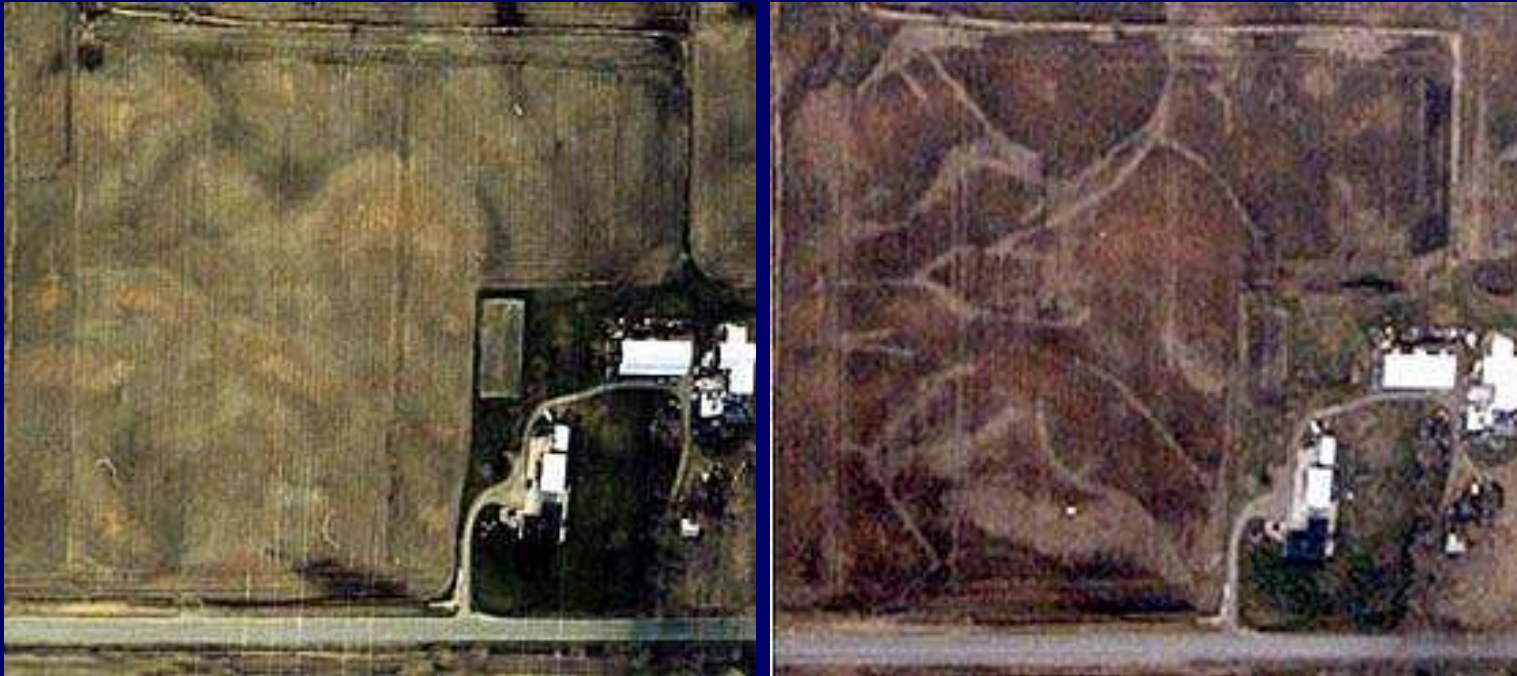


Agricultura de precisão: Ocorrência de doenças em lavoura de soja



Áreas em branco associadas
a ocorrência de míldio

Agricultura de precisão:
variações da umidade do solo



Fotografia aérea - filme normal e filme infravermelho

Monitoramento dos sintomas de estresse utilizando sensores orbitais

uso de modelos
agrometeorológicos-espectrais
aplicados à escala local

POSSÍVEL FATOR
DE ESTRESSE



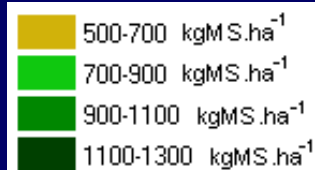
DEFICIÊNCIA
HÍDRICA



Novembro/2002



Janeiro/2003



Imagens Landsat

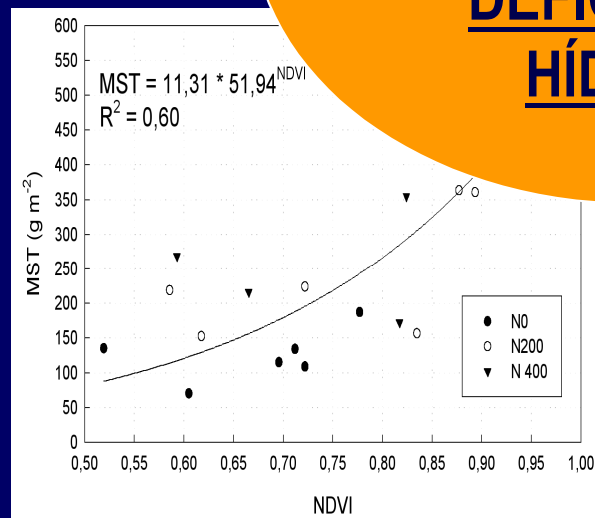
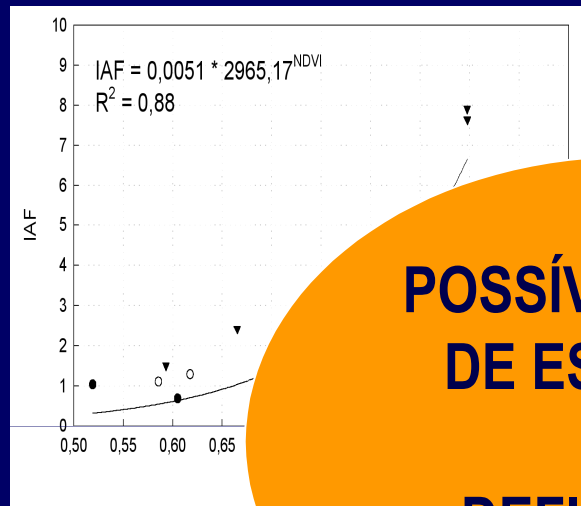
Fonseca et al. (2004)

$$\Delta DF = \left[(9581,07 - 325,72B7 - 80,22Wetness) + \varepsilon_{CA} \sum_{t=0}^{16} PAR_i \right] * \frac{ETR}{ETP}$$

Monitoramento dos sintomas de estresse
utilizando sensores orbitais

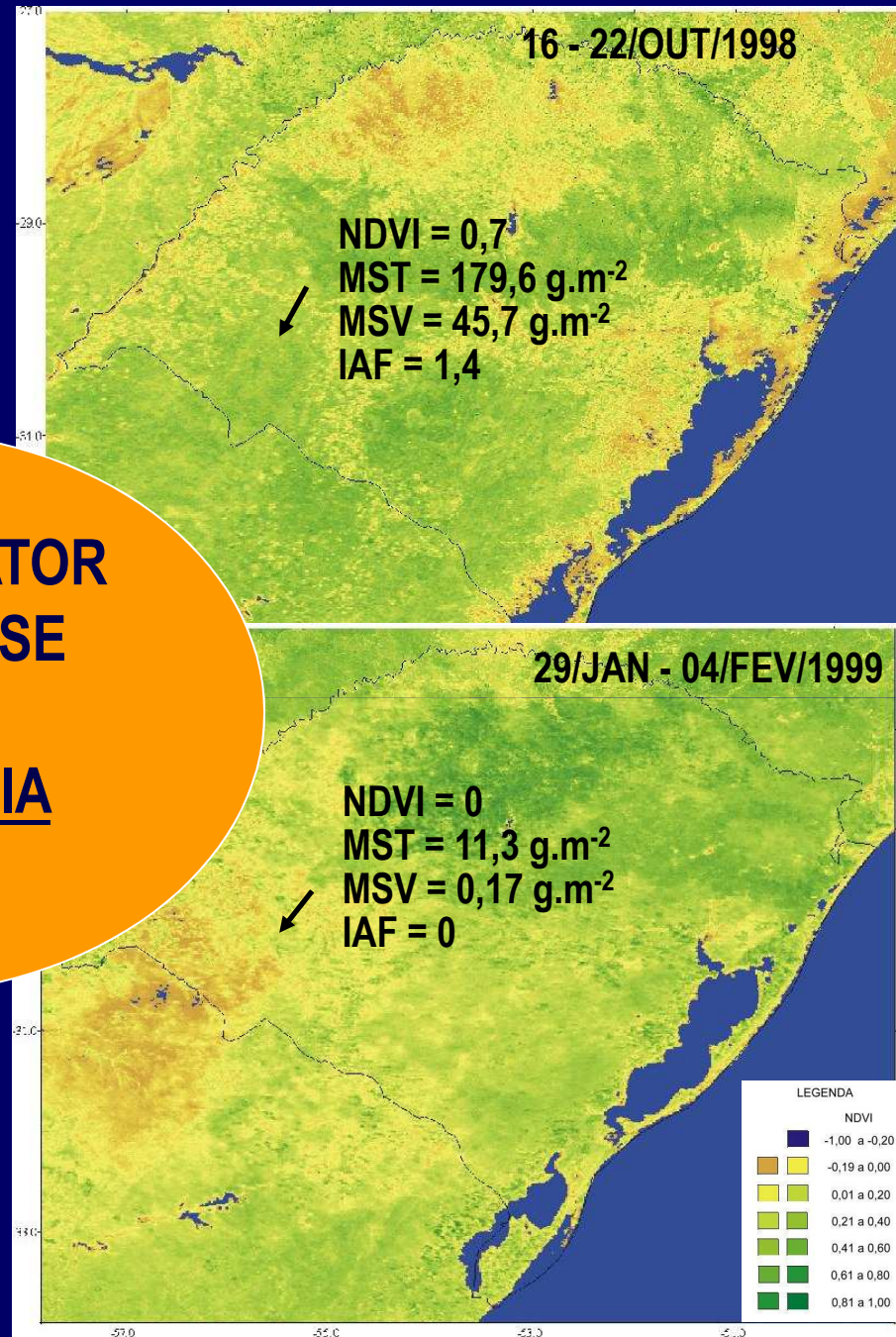
uso de imagens para monitoramentos
em escala regional

Funções para estimativa de parâmetros agrônômicos

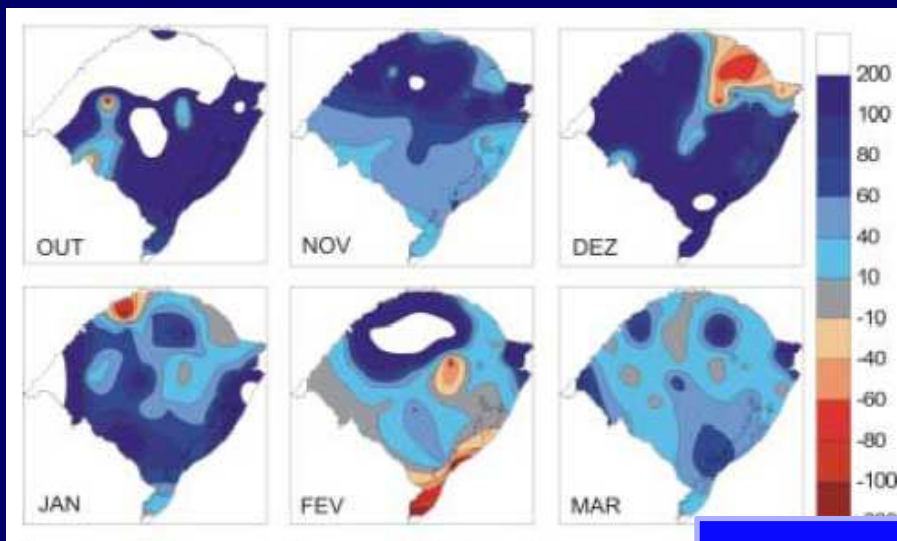


Fonseca et al. (2000)

**POSSÍVEL FATOR
DE ESTRESSE**
↓
**DEFICIÊNCIA
HÍDRICA**

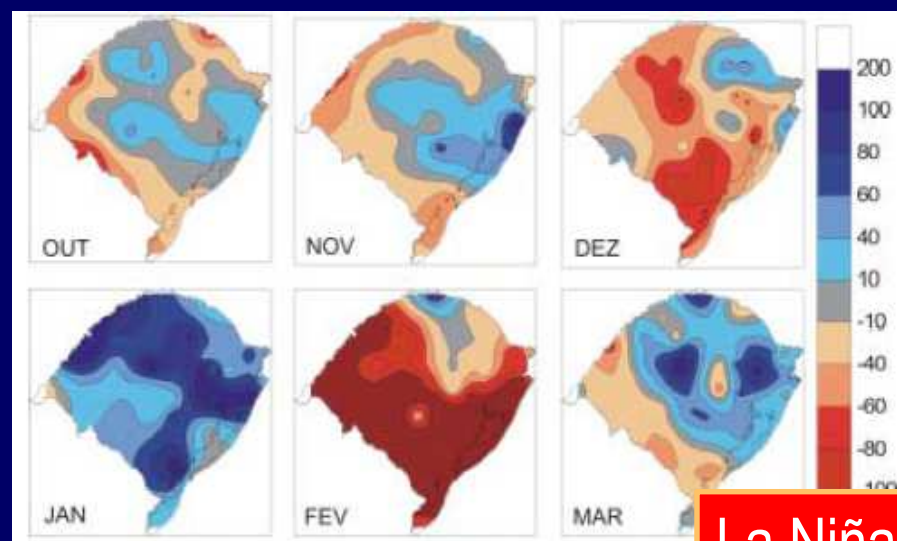
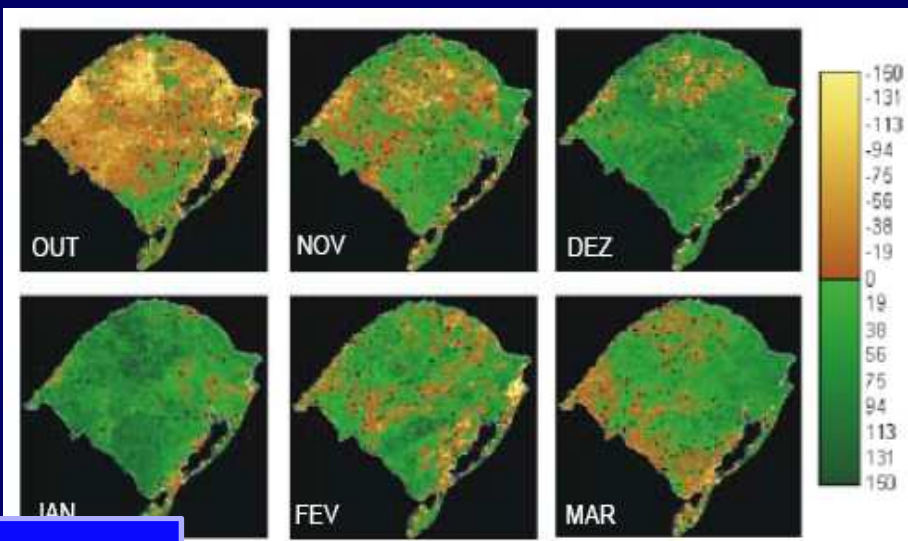


Anomalias de Precipitação pluvial

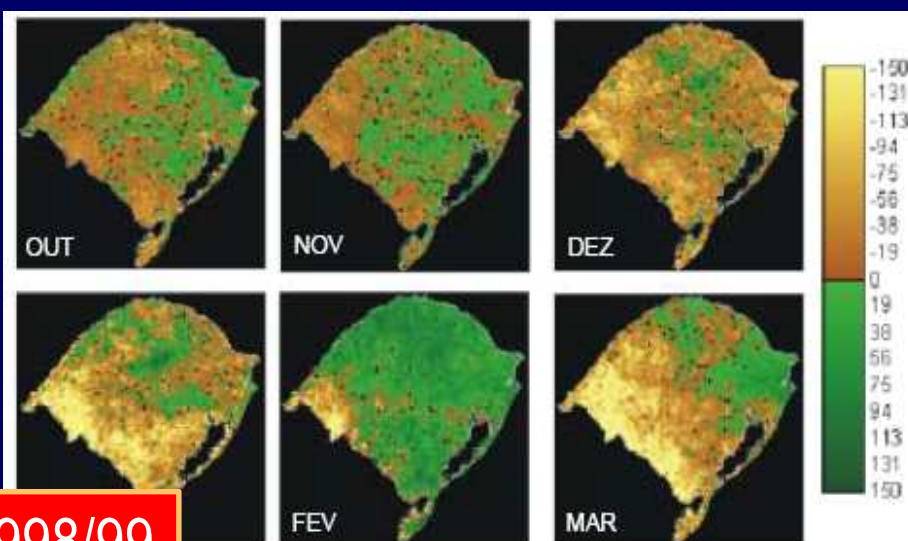


El Niño 1997/98

Anomalias de NDVI



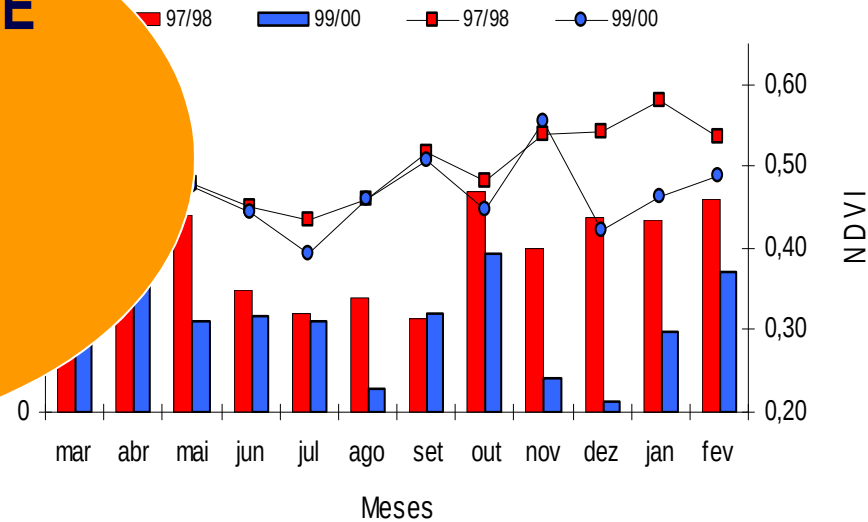
La Niña 1998/99



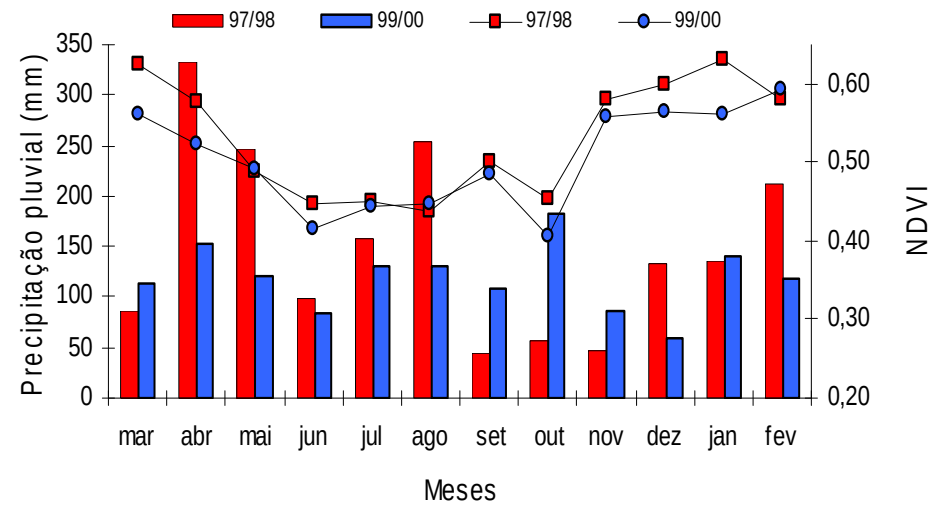
**POSSÍVEL FATOR DE
ESTRESSE**

↓
**DEFICIÊNCIA
HÍDRICA**

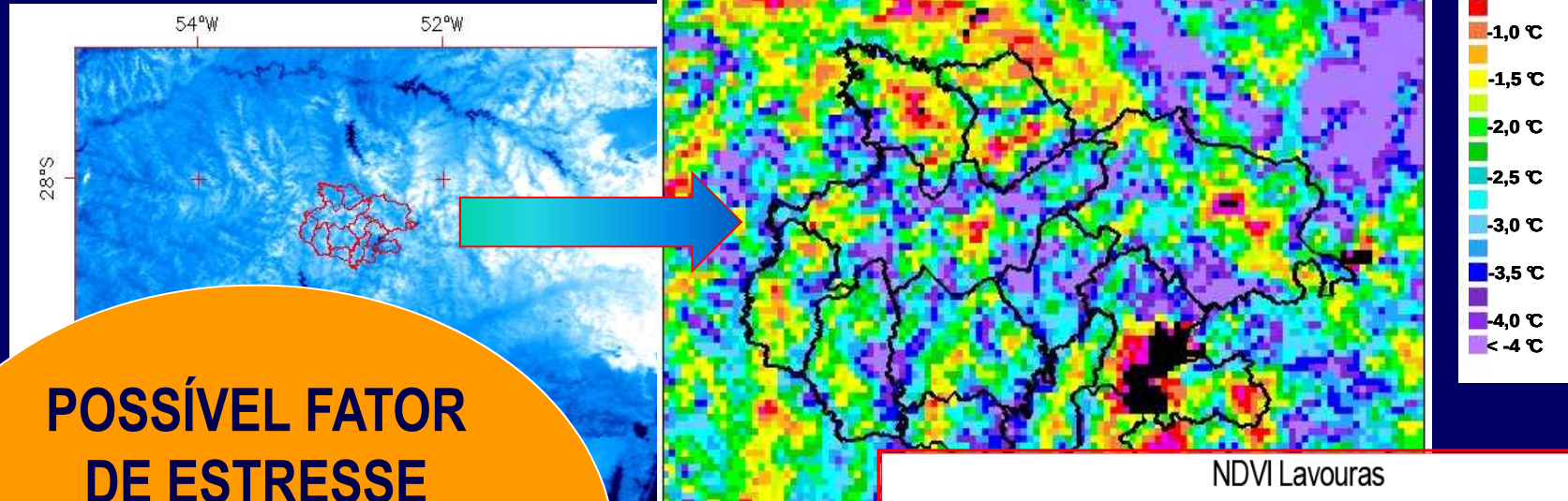
Campos Costa do Haiedo →



Campos de Cima da Serra →

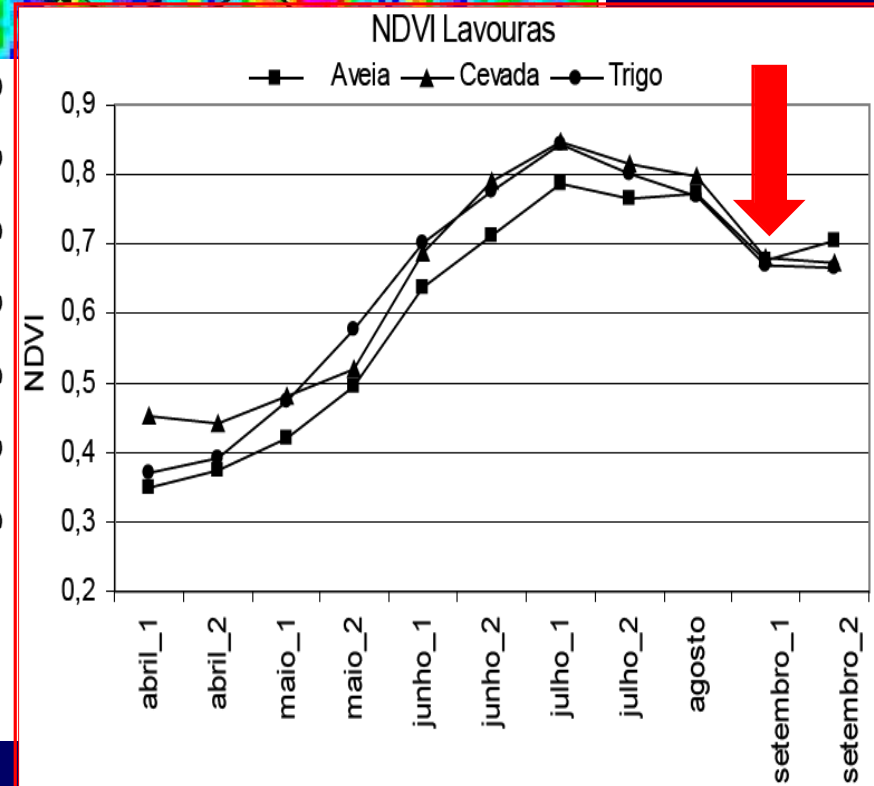
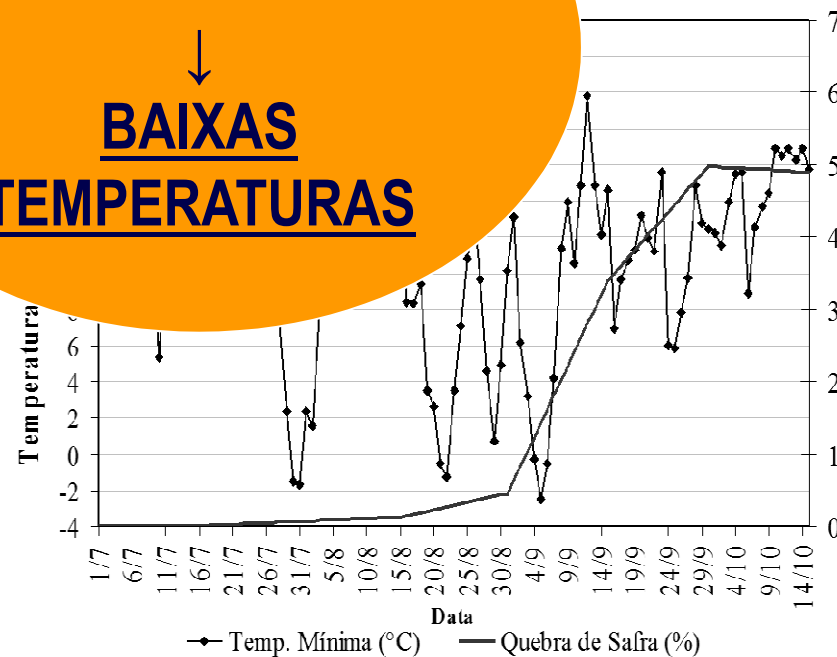


Junges et al.(2008)



**POSSÍVEL FATOR
DE ESTRESSE**

**BAIXAS
TEMPERATURAS**

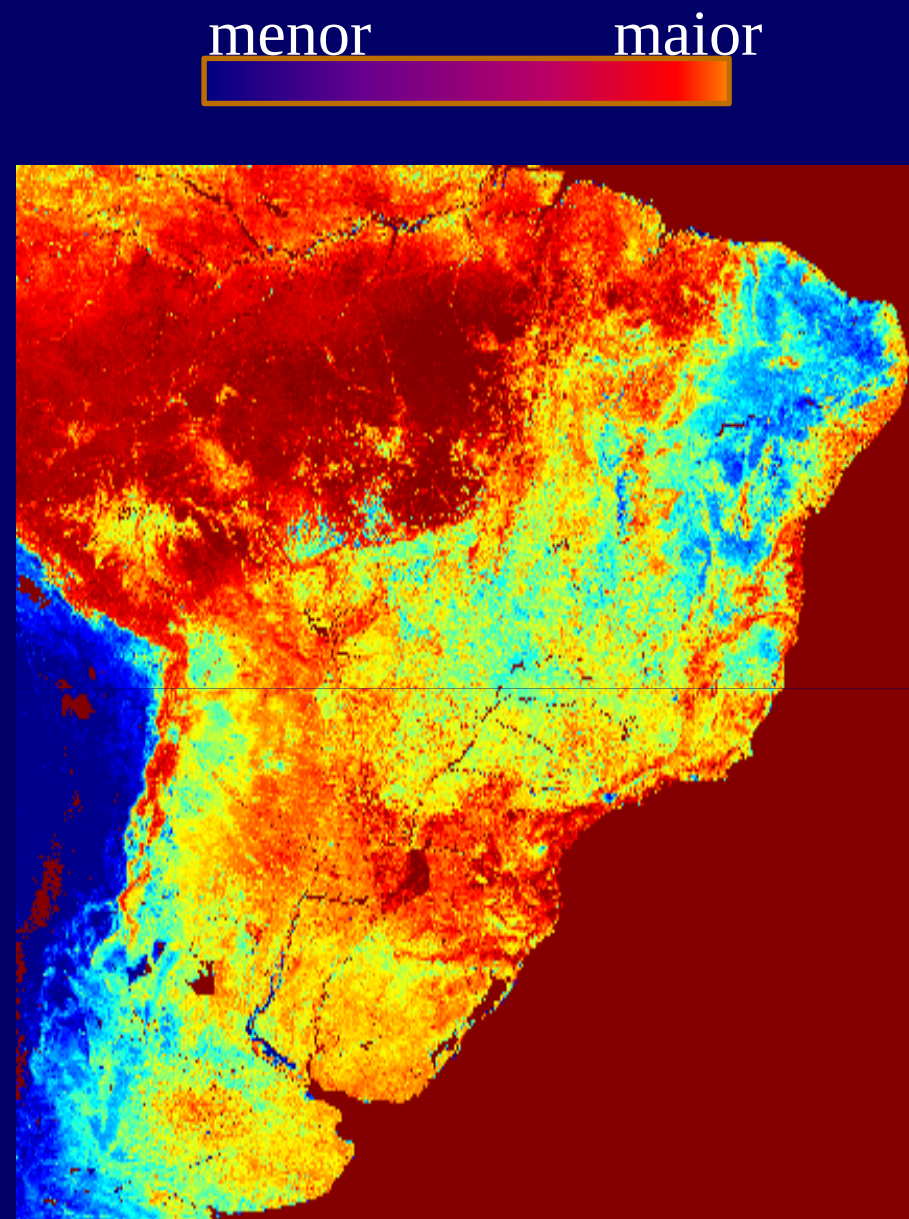


Quebra de safra - Emater

Monitoramento dos sintomas de estresse
utilizando sensores orbitais

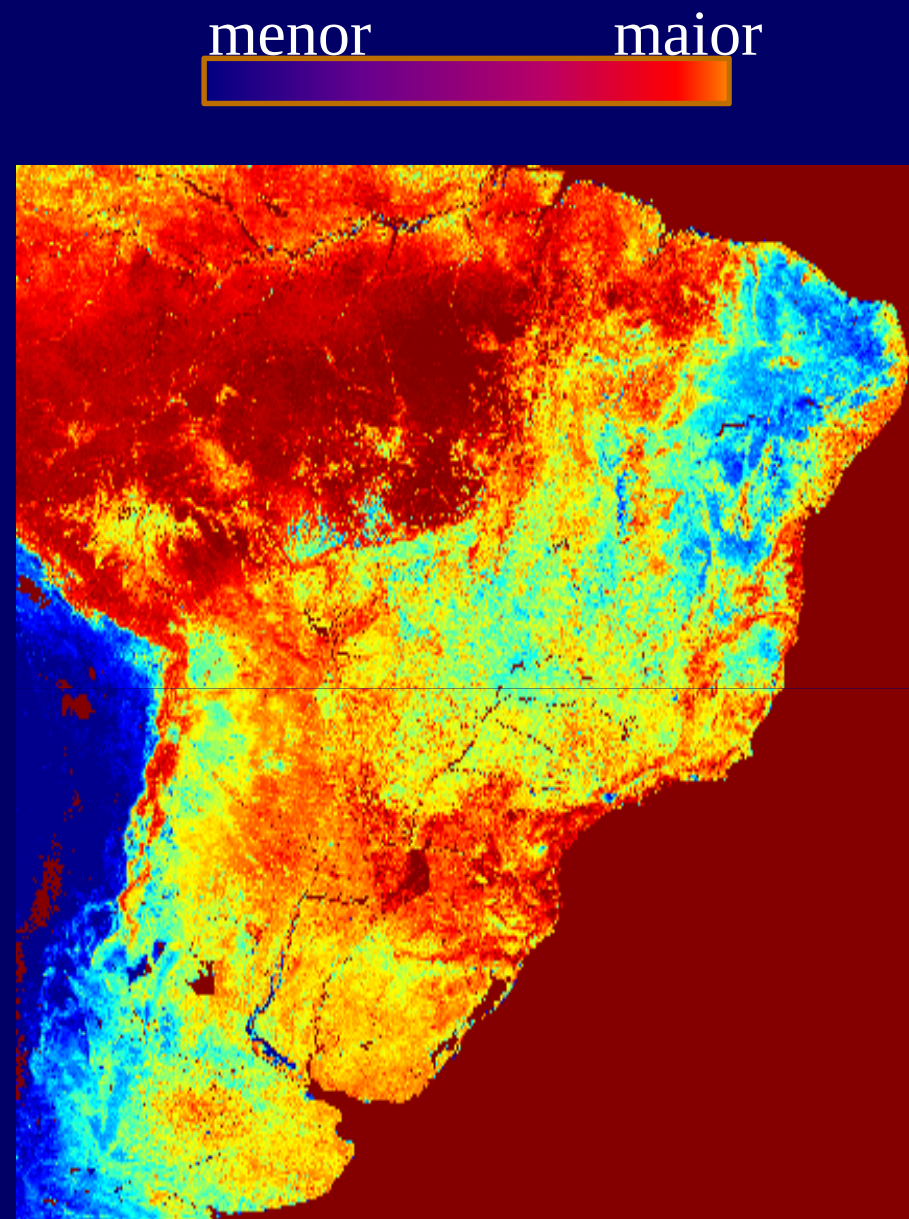
uso de imagens para monitoramentos
em escala nacional

Variabilidade da vegetação no Brasil



Imagens de índice de vegetação (NDVI) NO PERÍODO DE JAN/1999 a DEZ/2008
(cedido por Clement Atzeberger (JRC) em 2009)

Variabilidade da vegetação no Brasil



Imagens de índice de vegetação (NDVI) NO PERÍODO DE JAN/1999 a DEZ/2008
(cedido por Clement Atzeberger (JRC) em 2009)

Uso operacional da
informação espectral
para o monitoramento
da atividade agrícola
brasileira



CONAB
Projeto
GeoSafras

Boletim de Monitoramento Agrícola

Culturas de 2ª safra – safra 2012/2013 –
e de inverno – safra 2013/2014



Volume 2, Número 17
2ª quinzena
Setembro de 2013



Exemplo: safra de inverno no RS, 2013

Nesta mesorregião são plantados cerca de 34% do trigo no país.

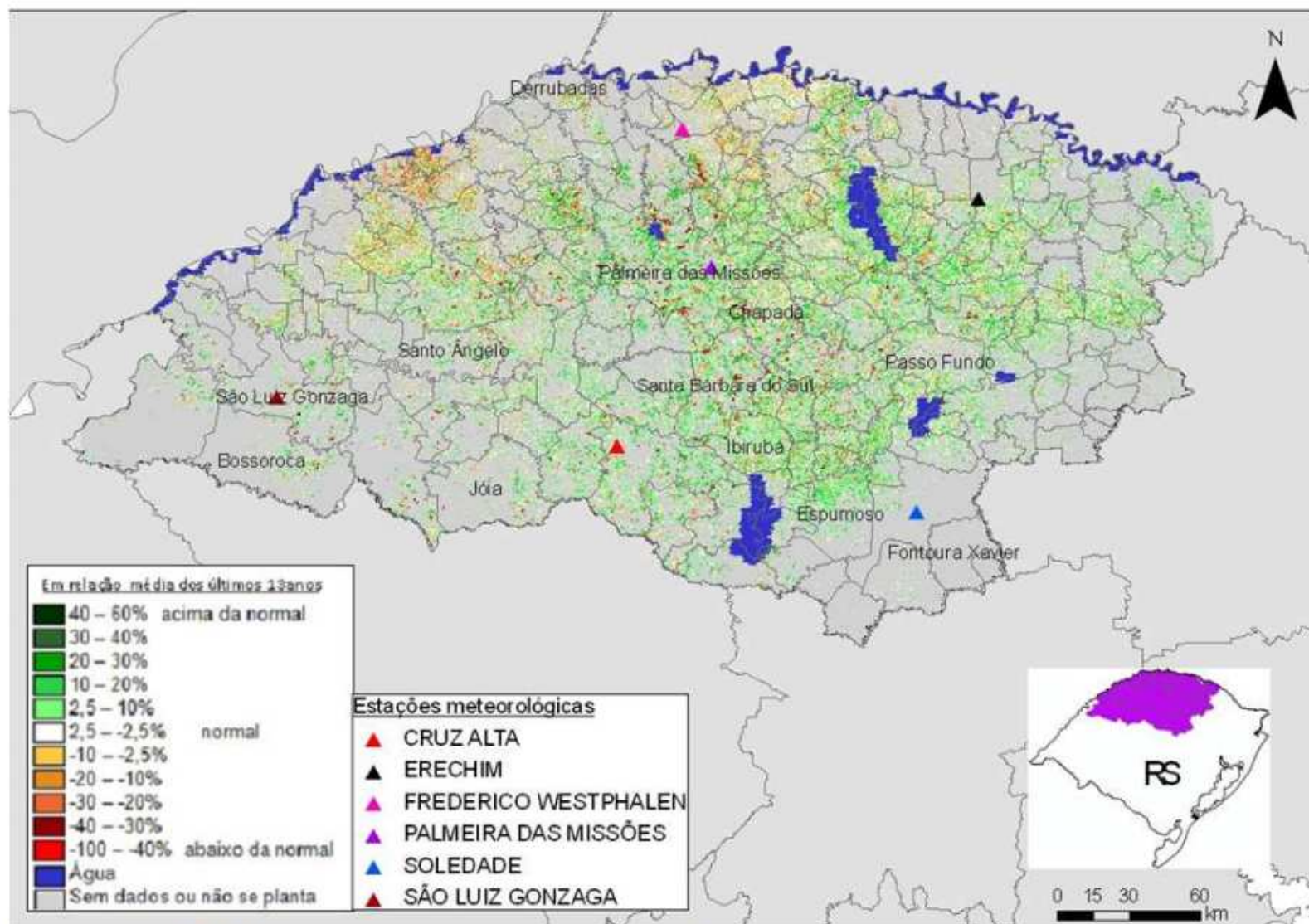


Figura 1 – Mapa de anomalia do IV em relação à média histórica, no Noroeste do Rio Grande do Sul.

Perfis temporais: monitoramento regional (tempo “quase” real)

Monitoramento agrícola, Brasília, v. 2, n. 17, 2ª quinzena, setembro/2013

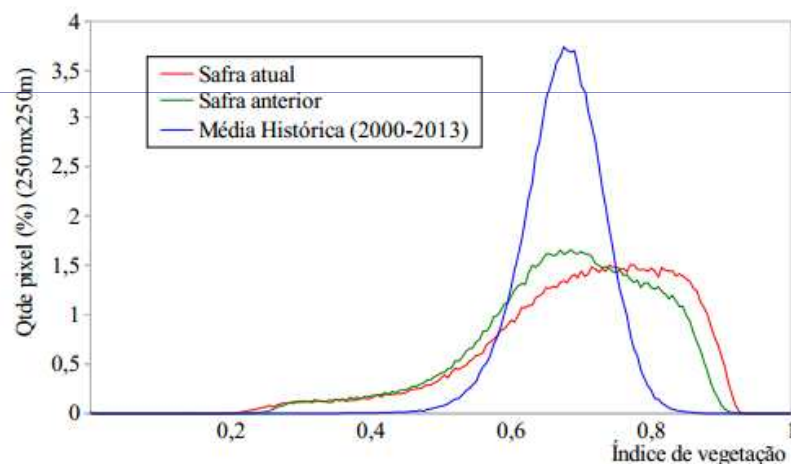
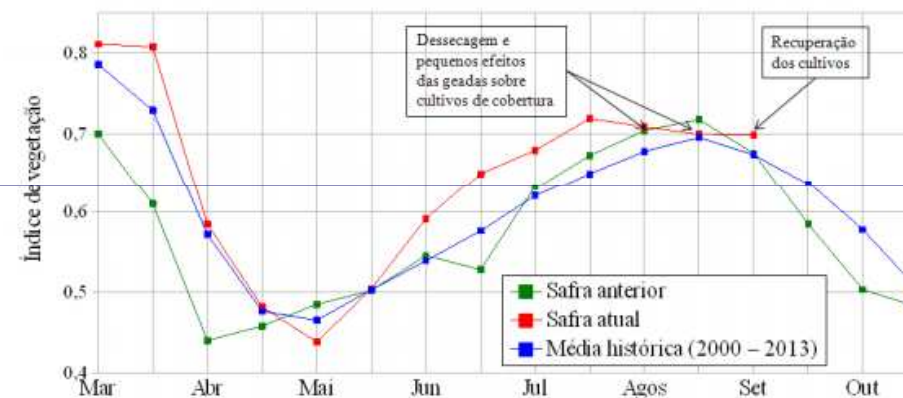


Gráfico 1- Quantificação de áreas pelo valor do IV.



Alterações percentuais no desenvolvimento das lavouras										
Quinzena	2ª Mai	1ª Jun	2ª Jun	1ª Jul	2ª Jul	1ª Ago	2ª Ago	1ª Set	2ª Set	1ª Out
% Relat média histórica	10	13	10	11	4	1	4			
% Relat safra anterior	8	23	8	7	1	-3	3			
Fases culturais	P	G/DV	DV	DV/F	F/EG	EG	EG	EG/M	M/C	C

Gráfico 2 – Evolução temporal do desenvolvimento das lavouras do Noroeste do RS.

Considerações finais

O conhecimento das variações na reflectância devido as mudanças fisiológicas e morfológicas das plantas é essencial para a identificação da existência de condições adversas ao crescimento vegetal (fatores de estresse).

A utilização do sensoriamento remoto é possível para realizar o monitoramento das condições de crescimento da vegetação em diferentes escalas.

O desafio é, em nível orbital, associar o sintoma de estresse ao fator causador do mesmo.

Exercício

Objetivo: verificar a influência de estresse da vegetação sobre o padrão dos perfis temporais de NDVI ou de outro produto MODIS.

- Base de dados:

Imagens sazonais de duas safras contrastantes em termos de um fator de estresse (sugestão: água ou temperatura);

Dados meteorológicos ocorridos nas 2 safras (INMET)

- Metodologia:

Extrair o valor médio do NDVI ou de outro produto MODIS para o alvo de interesse nos municípios selecionados e representá-los na forma de gráficos. Compará-los com os dados meteorológicos ocorridos.

Elaborar relatório

DATA DE ENTREGA: 28 de outubro