



Universidade de São Paulo – USP
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ



Clima e Doenças em Plantas

Sistema de Alerta

Departamento de Eng. de Biosistemas
Meteorologia Agrícola – LEB 360
Professor responsável: Dr. Paulo Cesar Sentelhas
Colaborador: Dr. Gustavo C. Beruski
Email – beruskigc@usp.br

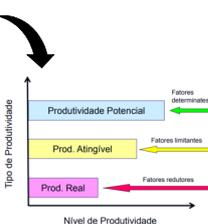
Piracicaba - SP

INTRODUÇÃO

Agrometeorologia → Expressa a relação que as condições meteorológicas apresentam sobre as atividades agropecuárias

Agricultura

- Adaptabilidade do cultivo de uma região
- Crescimento, desenvolvimento e qualidade
- Relação das plantas com microrganismos
- Tomadas de decisão de práticas agrícolas



Níveis de produtividade de culturas agrícolas

Prof. Dr. Gustavo C. Beruski
Meteorologia Agrícola – LEB 360

Doenças em plantas cultivadas

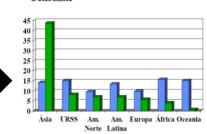
Perdas agrícolas são iminentes

↓

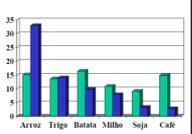
Redução média de 35% na produtividade potencial (IWMI, 2017)

Producer		
Field losses	Pests and diseases	20-40%
Pre-processing	Broken grains, excessive dehulling	
Transport	Spillage, leakage	10-15% in quantity 25-50% in value (quality)
Storage	Insects, rodents, bacteria	
Processing & Packaging	Excessive peeling, trimming, inefficiency	5-30% developed 2-20% developing
Marketing	In retailing	
Plate waste	By consumers & retailers	
Consumer		

Considerando os cultivos de interesse agrícola e os locais de cultivo no mundo



Redução na produção (%)



Redução na produção (%)

Prof. Dr. Gustavo C. Beruski
Meteorologia Agrícola – LEB 360

Doenças em plantas cultivadas

Doenças em plantas → Diversas definições com diferentes graus de complexidade e especificidade, mas todas descrevem uma **interferência negativa** em **processos fisiológicos** da planta, as quais geram **alterações visíveis** (sintomas), sendo este um **processo dinâmico e contínuo**.

Doenças – interação dinâmica

Manejo do ambiente agrícola interfere no processo de ocorrência de doença

Prof. Dr. Gustavo C. Benuski | Meteorologia Agrícola – LEB 350

Interação – Patógeno / Hospedeiro / Ambiente

HOMEM
Planejamento e tomada de decisão

CICLO DE INFEÇÃO

Deposição → Germinação → Penetração → Colonização → Lesões Férteis → Esporulação

Chuva / Irrigação, Orvalho / DPM, Temperatura, Vento

Intecção (red bracket) and **Doença** (green bracket) labels.

Prof. Dr. Gustavo C. Benuski | Meteorologia Agrícola – LEB 350

Exemplo – Patógeno / Hospedeiro / Ambiente

Sarna da macieira

PRIMARY PHASE
ascospores released during rainy period from green tip until about 1-2 weeks after petal fall

Intecção primária → CHUVA, DPM, VENTO

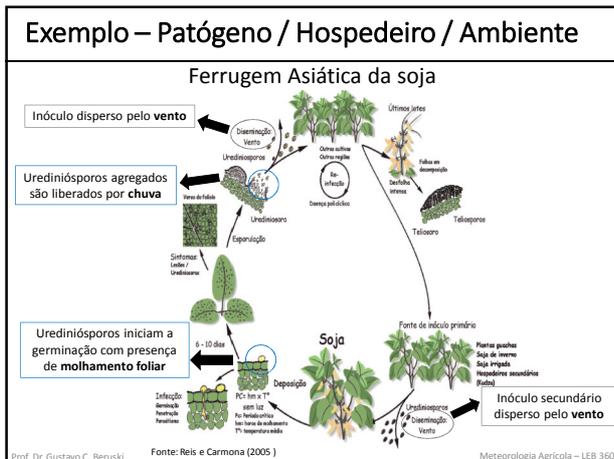
SECONDARY PHASE
secondary spores (conidia) form on surface of infected tissues throughout spring and summer

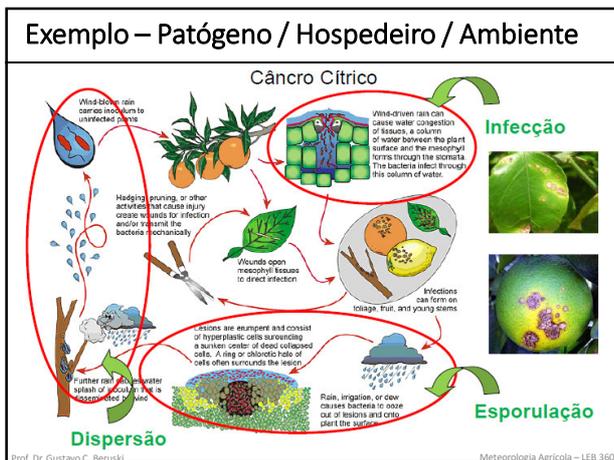
Intecções secundárias → DPM

Figure 2: Early lesions are olive-colored (A) and velvety with no distinct margins (B).

Figure 4: Fruit lesions appear blistered and scabby (A) with distinct margins (B).

Prof. Dr. Gustavo C. Benuski | Gauthier, Nicole. 2018. Apple scab. The Plant Health Instructor – APS | Meteorologia Agrícola – LEB 350





Exemplo – Patógeno / Hospedeiro / Ambiente

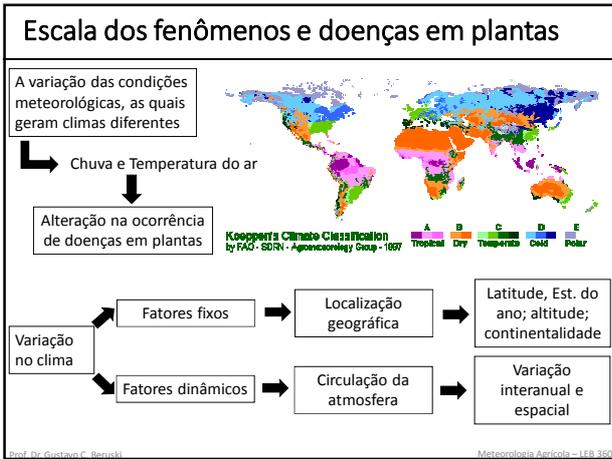
Cada patossistema requer condições ambientais diferentes para seu estabelecimento – fases mais importantes germinação e penetração

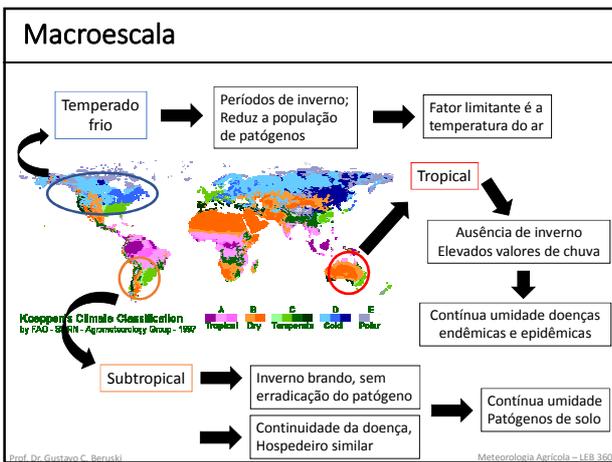
Analizando a DPM de diferentes doenças e fases do seu desenvolvimento

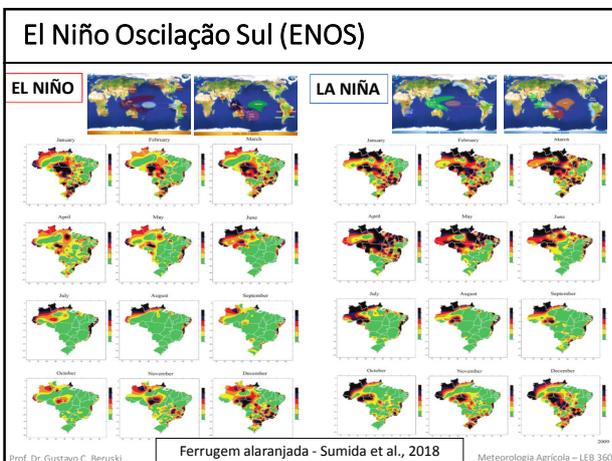
DPM	Alta					Antracnoses	
	Baixa						
	Alta					Míldios	
	Baixa						
	Alta					Ferrugens	
	Baixa						
	Alta					Oídios	
	Baixa						
		Inoculação	Germinação Penetração	Colonização	Esporulação		

Prof. Dr. Gustavo F. Benicki

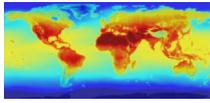
Meteorologia Agrícola – LEB 360





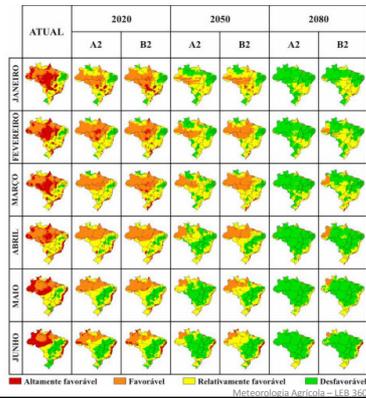


Variabilidade, Anomalia e Mudança climática



Moraes et al., 2011

Efeito das mudanças climáticas sobre a distribuição espaço-temporal da favorabilidade a ferrugem da cana-de-açúcar no Brasil, predita para os meses de janeiro a junho nas décadas futuras (2020, 2050 e 2080) em ambos cenários (A2 e B2).



Prof. Dr. Gustavo F. Benckli

Mesoescala - Topoescala

• **Topografia:**

- Exposição (N, S, E ou W);
- Configuração (vale, espigão, meia ou encosta);
- Grau de inclinação do terreno.



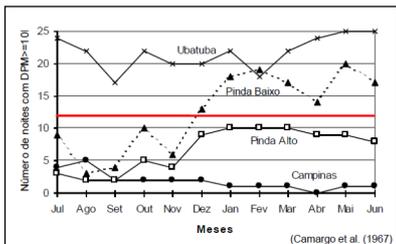
Prof. Dr. Gustavo F. Benckli

Meteorologia Agrícola – IEB 350

Mesoescala - Topoescala

• Camargo et al. (1967)

- *Mal das folhas (Microcyclus ulei)* em seringueira, em diferentes regiões e condições do Estado de São Paulo,



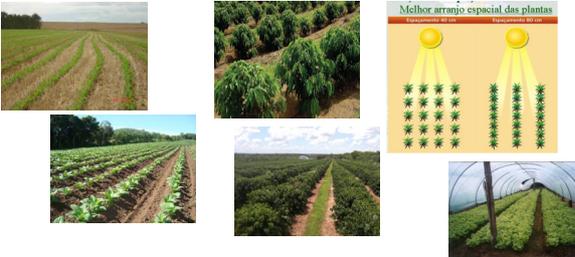
Só foi observada a doença quando houve mais de **12 noites**, no mês, com **DPM ≥ 10 horas**

Prof. Dr. Gustavo F. Benckli

Meteorologia Agrícola – IEB 350

Microescala

- Cobertura do terreno:
 - Solo nu, gramado, floresta, cultura rasteira, represa.
- Práticas de manejo:
 - Irrigação, adensamento de plantio, cultivo protegido.



Melhor arranjo espacial das plantas

Equipamento 40 cm Equipamento 80 cm

Prof. Dr. Gustavo C. Benck Meteorologia Agrícola – LEB 360

Práticas agrícolas na ocorrência de doenças

Cobertura do terreno

Pires et al. (2007)
Soil mulches in relation to strawberry diseases



Plástico transparente Plástico preto

Items	Number and percentage of wilted and/or stunted plants per plot (3.6 m ²)				Fungi identified	Occurrence (%)	Level of Intensity *
	October 2 nd		October 27 th				
	Number	%	Number	%			
Soil mulches							
Clear plastic	2.2 B	3.2	7.4 B	10.9	<i>Rhizoctonia</i> spp.	83.0	++
Black plastic	7.1 A	10.4	18.3 A	26.9	<i>Verticillium dahliae</i>	58.3	+++
					<i>Fusarium</i> spp.	58.3	++
					<i>Colletotrichum fragariae</i>	50.0	++
					<i>Pythium</i> spp.	8.3	+
					<i>Phytophthora cactorum</i>	8.3	+

* +++ fungus isolated and observed predominantly in most samples examined; ++ fungus isolated with medium frequency; + fungus isolated with low frequency.



Prof. Dr. Gustavo C. Benck Meteorologia Agrícola – LEB 360

Práticas agrícolas na ocorrência de doenças

Época de sementeira

Interfere na quantidade de chuvas no ambiente

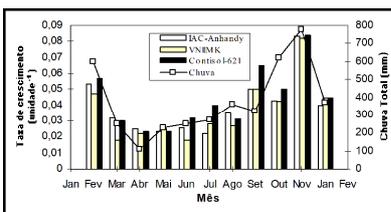
Elevar a umidade do ar e a duração do período de molhamento

Efeito favorável na dispersão e disseminação dos esporos

Efeito desfavorável no controle das doenças

Sentelhas et al., 1996

Severidade de mancha de Alternária (*A. helianthi*)

Prof. Dr. Gustavo C. Benck Meteorologia Agrícola – LEB 360

Práticas agrícolas na ocorrência de doenças

Cultivo protegido

Modificações microclimáticas

Pezzopane et al. (1995):
 Manejo diário das cortinas laterais, a DPM dentro da estufa sempre foi maior ou igual à observada ao ar livre.

Alteração positiva – Túnel alto reduzindo a DPM

Ano Agrícola	Com cobertura plástica			
	Antracnose cacho	Mídio cacho	Podridões	Mancha das folhas
2006/07	3	3	3	37
2007/08	0	0	3	46

Ano Agrícola	Sem cobertura plástica			
	Antracnose cacho	Mídio cacho	Podridões	Mancha das folhas
2006/07	24	28	61	35
2007/08	2	2	52	51

Hernandes et al., (2008)
 Meteorologia Agrícola – LEB 360

Medidas e estimativas variáveis ambientais

Medida da Temperatura do ar

- Sensores - termômetros, termopares e termistors;
- Instalados em um abrigo meteorológico;
- Altura de 1,5 – 2,0 m, em área plana e gramada.

Medida do Molhamento (DPM)

- Sensores eletrônicos;
- Medida mais complexa;
- Depende:
 - Condições meteorológicas;
 - Características da cultura.

Prof. Dr. Gustavo C. Benucki
 Meteorologia Agrícola – LEB 360

Medidas da duração do molhamento

Sentelhas et al., 2004a, b.

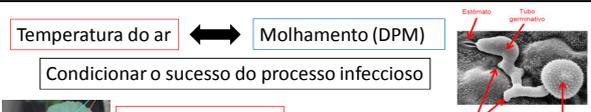
- Especificações:
 - Sensores pintados com tinta **branca**;
 - Altura de **30 cm** em superfície gramada;
 - No **topo do dossel** em culturas agrícolas;
 - Sensor de placa com um ângulo de **45°**;
 - Sensor cilíndrico com ângulo de **30°**;
 - Orientação de instalação para o **Sul**:
 - Condições de maior umidade e menor temperatura;
 - Maior favorabilidade de doenças.

Prof. Dr. Gustavo C. Benucki
 Meteorologia Agrícola – LEB 360

Modelagem agrometeorológica de doenças de plantas

Temperatura do ar ↔ Molhamento (DPM)

Condicionar o sucesso do processo infeccioso



Temperatura do ar

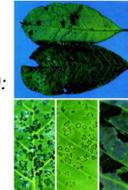
Agente moderador/amplificador nessa combinação



Gasparotto (1988)

Mal das Folhas da Seringueira (*Microcyclus ulei*):

- T = 24 °C, DPM = 6h para ocorrer infecção
- T = 20 °C, DPM > 8h para ocorrer infecção
- T = 16 °C Não ocorre infecção



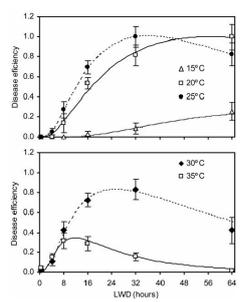
Prof. Dr. Gustavo F. Benckli | Meteorologia Agrícola – LEB 360

Modelagem agrometeorológica de doenças de plantas

Monteiro et al. (2009)

Development of Ramulosis Disease of Cotton Under Controlled Environment and Field Conditions

- T = 15°C, não ocorre
- T = 20°C, ocorre com 50 horas de DPM
- T = 25°C, ocorre com 30 horas de DPM
- T = 30°C, ocorre com 20 horas de DPM
- T = 40°C, não ocorre

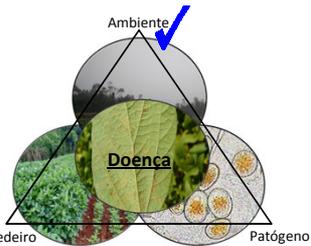
Prof. Dr. Gustavo F. Benckli | Meteorologia Agrícola – LEB 360

Sistema de alerta fitossanitário

Gleason et al. (2008):

Ferramentas de decisão que auxiliam produtores no manejo de doenças;

Princípio de que os sintomas da doença que a planta apresenta são resultado do processo de INFECCÃO que ocorreu em um período anterior



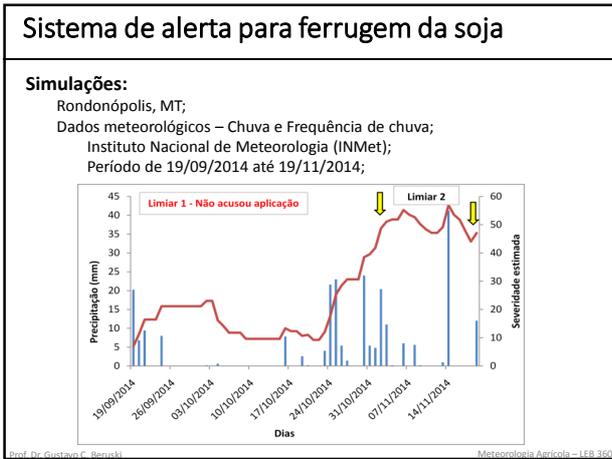
Desenvolvimento:

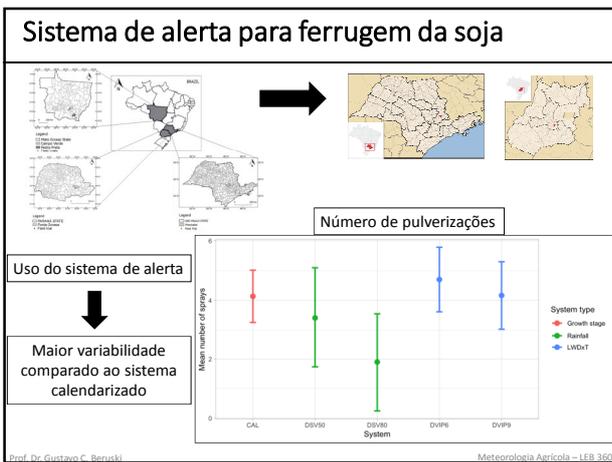
- Relações:
- Variável meteorológica;
- Doença.

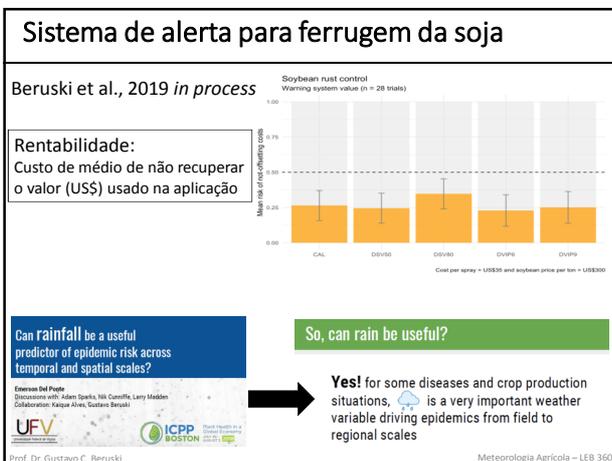
-Para Ferrugem da soja:

- Chuva;
- Luminosidade;
- Temperatura do ar;
- Molhamento foliar.

Prof. Dr. Gustavo F. Benckli | Meteorologia Agrícola – LEB 360







Sistema de alerta fitossanitário

- Sarna da macieira → *Venturia inaequalis*
- Sistema desenvolvido por Mills (1944)
 - Temperatura média no período noturno;
 - DPM;
 - Presença de ascósporos.



Temperatura média semanal no período da DPM (°C)	Intensidade da infecção		
	LEVE	MODERADA	FORTE
		DPM (horas/semana)	
6	30	40	60
10	14	19	29
15	10	13	21
20	9	12	18
25	11	14	21

Prof. Dr. Gustavo C. Benucki | Meteorologia Agrícola – LEB 350

Sistema de alerta fitossanitário

- Podridão parda do pessegueiro - *Monilinia fructicola*;
 - Pulverizações preventivas baseadas na fenologia (início e no final do florescimento);
 - Pulverizações curativas sempre → $T * DPM > 140$

Sistema é *fenológico-climatológico*

Tabela de Mills

Nível de infecção → Produto - Tmed noturna x DPM

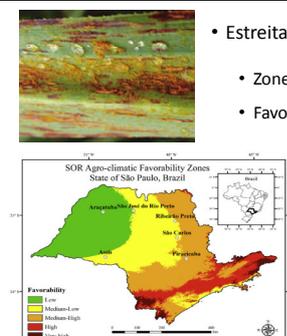
Nível de infecção	Tmed noturna x DPM
Leve	140
Moderado	200
Forte	300



Prof. Dr. Gustavo C. Benucki | Meteorologia Agrícola – LEB 350

Zoneamento de favorabilidade de ocorrência de doença

- Estreita relação CLIMA vs DOENÇAS.
 - Zoneamento de risco climático;
 - Favorabilidade climática.
- Áreas com menor risco de epidemias
- Escolha de cultivares em função do risco
- Conhecimento prévio da necessidade de fungicidas



Sentelhas et al. 2015. Agro-climatic favorability zones for sugarcane orange rust as a tool for cultivar choice and disease management

Prof. Dr. Gustavo C. Benucki | Meteorologia Agrícola – LEB 350
