

# MONITORAMENTO CLIMÁTICO E PREVISÃO DE SAFRAS DE CANA-DE-AÇÚCAR

**Prof. Fábio Marin - ESALQ – USP**

VIII Simpósio de Tecnologia de Produção de Cana-de-Açúcar

Julho de 2017



# Cenários Futuros para Agricultura

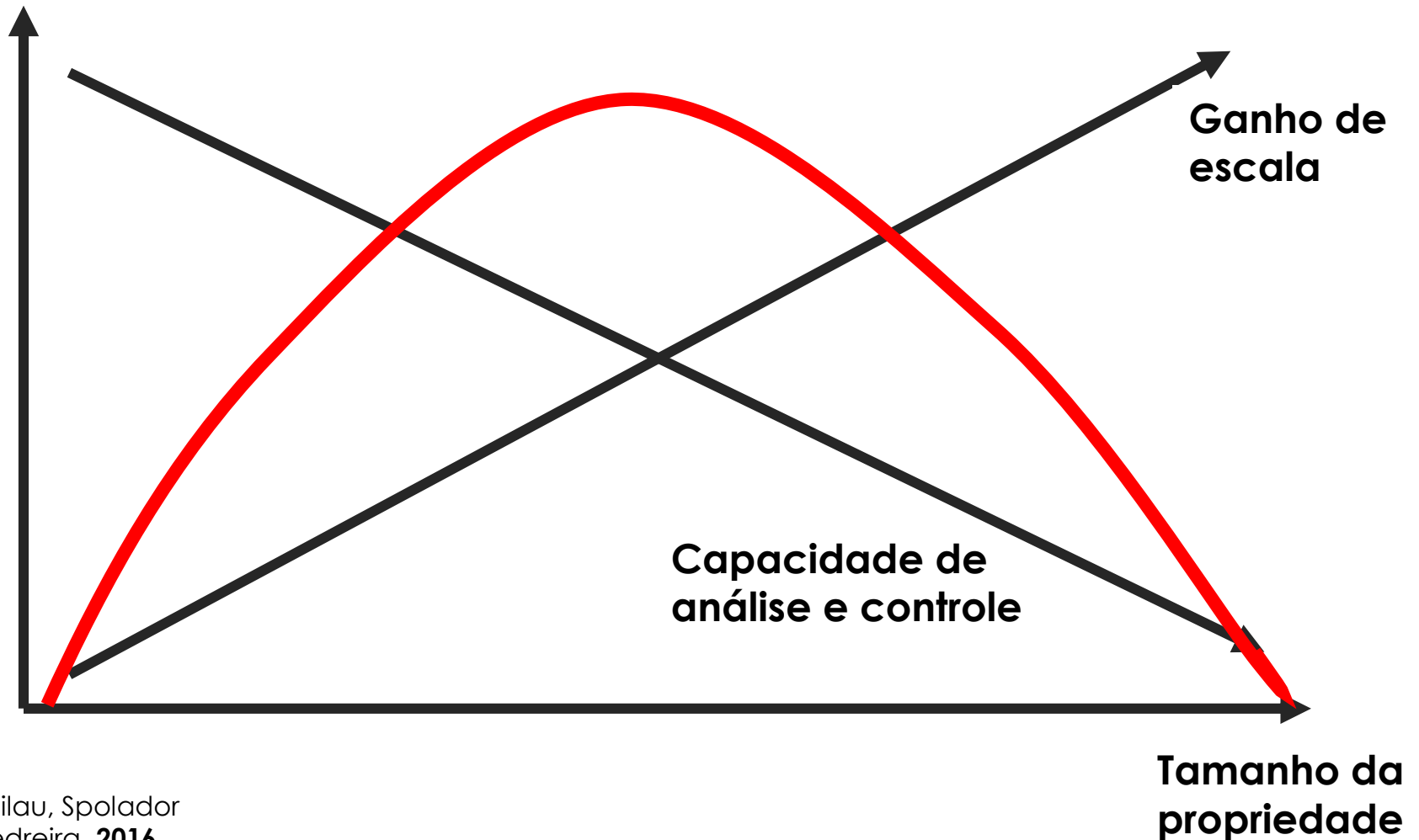
- 1. A população mundial aumentará em aproximadamente 30%, e a maior parte dessas pessoas viverão em países em desenvolvimento;**
- 2. As mudanças climáticas e pressões ambientais devem mudar os padrões de produção e exigir novos sistemas produtivos;**
- 3. Classe média mundial deve crescer e o padrão de demanda por proteínas também deve ser elevado;**
- 4. Não haverá áreas disponíveis para a expansão (horizontal) de área de produção.**

Marin, Pilau, Spolador  
Otto, Pedreira. 2016.  
Intensificação sustentável  
da agricultura brasileira:  
Cenários para 2050.  
**Revista de Política  
Agrícola.**



## **INTENSIFICAÇÃO!**

# Qual o nível de intensificação mais adequada?



Marin, Pilau, Spolador  
Otto, Pedreira. **2016**.  
Intensificação sustentável  
da agricultura brasileira:  
Cenários para 2050.  
**Revista de Política  
Agrícola.**



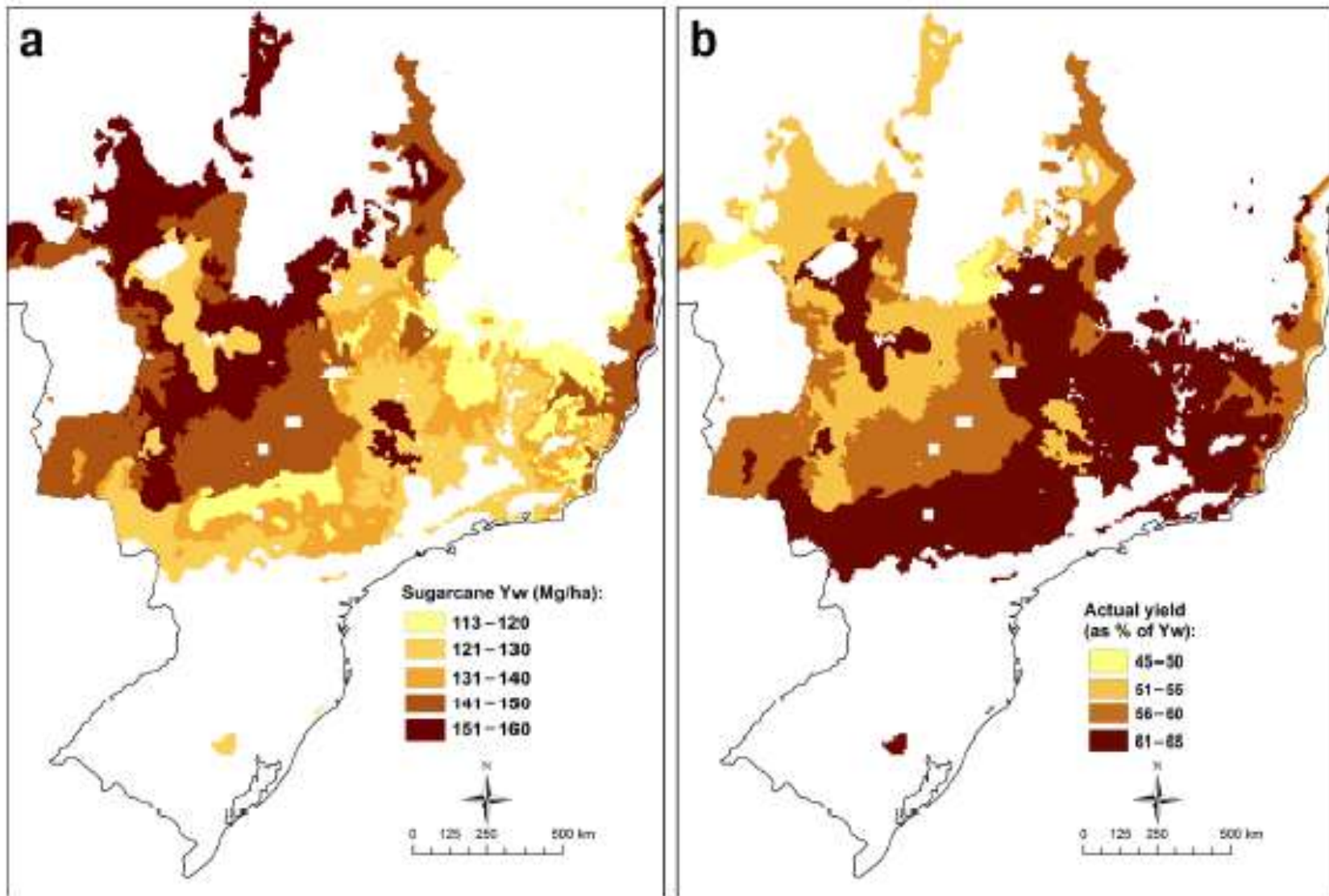
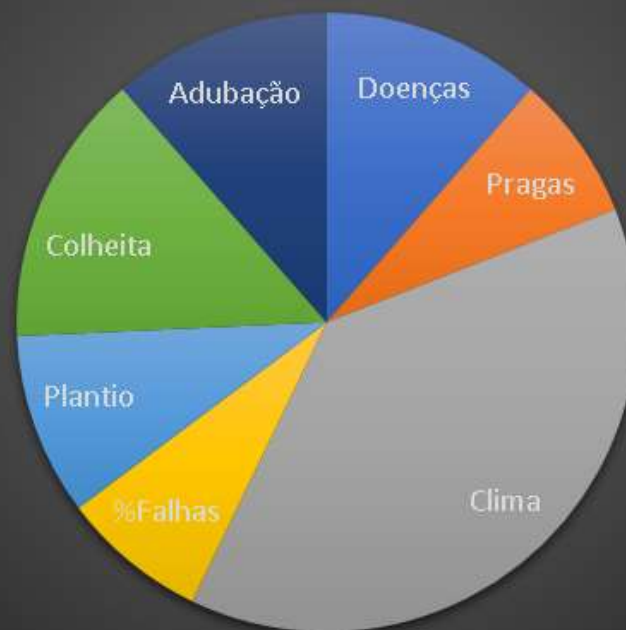


Figure 3. Maps of (a) water-limited yield potential (Yw; in megagrams [Mg] per hectare [ha]) and (b) rainfed actual farm yield (expressed as percentage of Yw) for sugarcane across the major climate zones where sugarcane is produced in Brazil.

# Monitoramento e Previsão de Safras

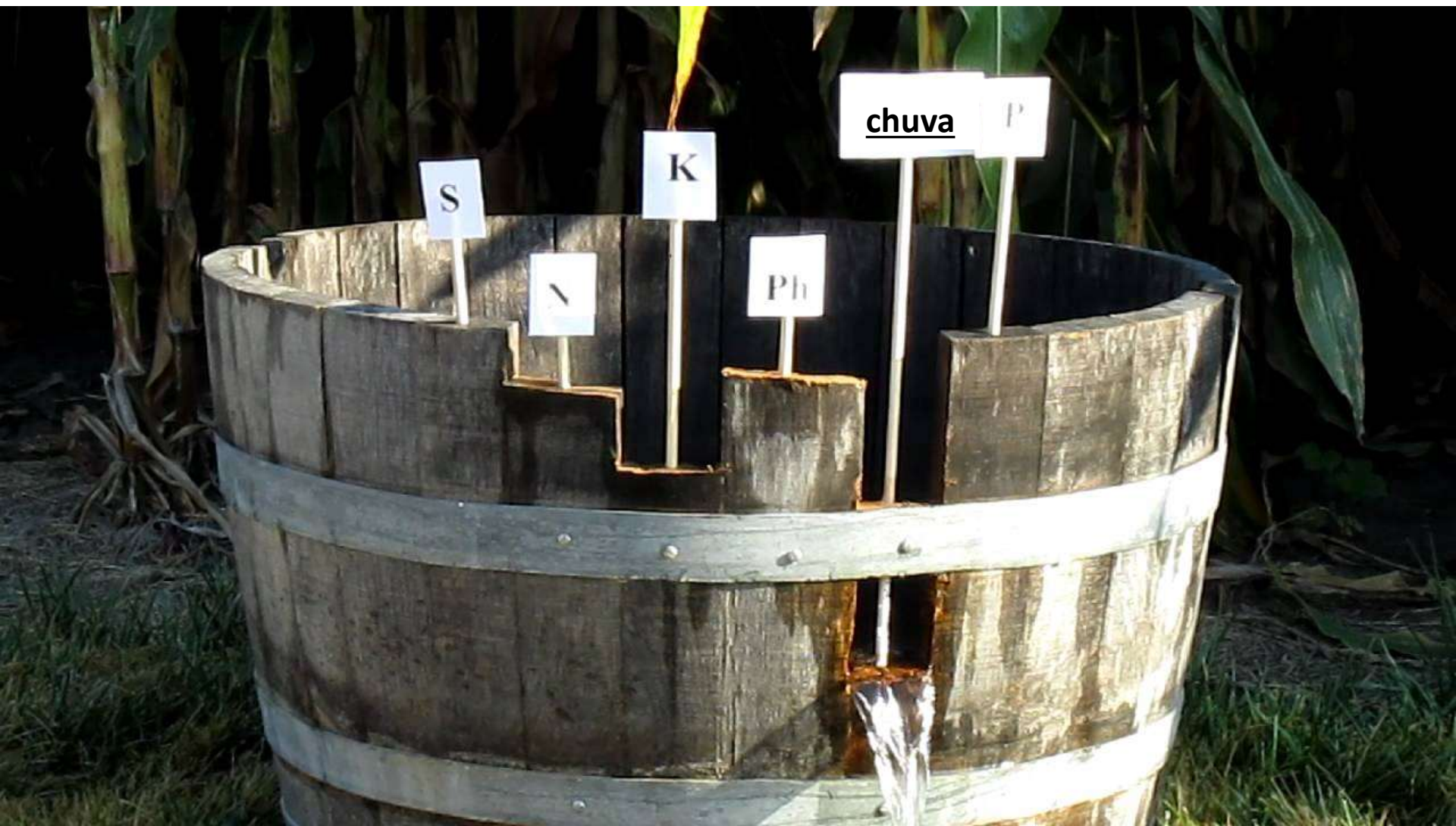
- Fatores determinantes:

## FATORES DETERMINANTES DA PRODUTIVIDADE

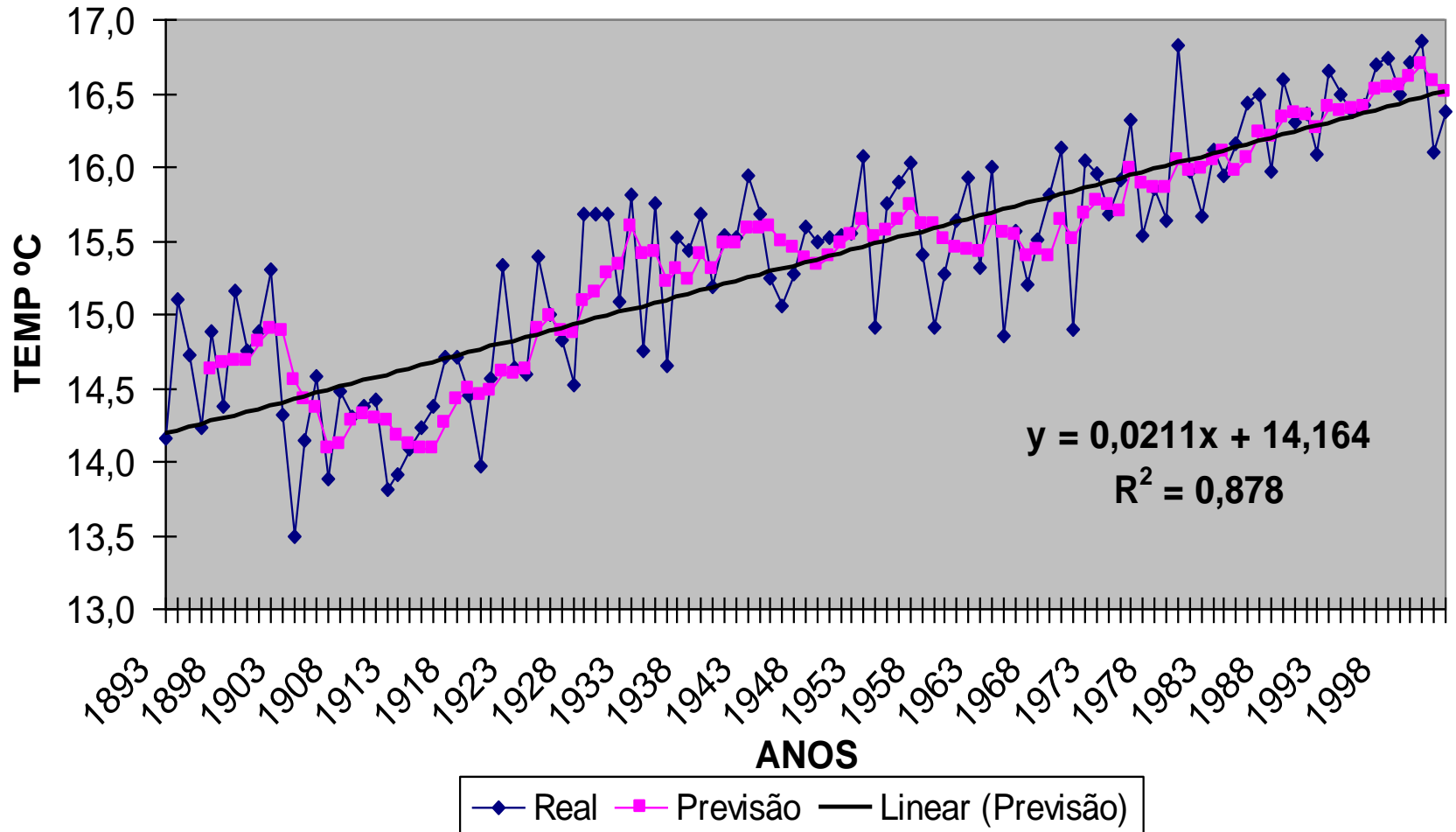




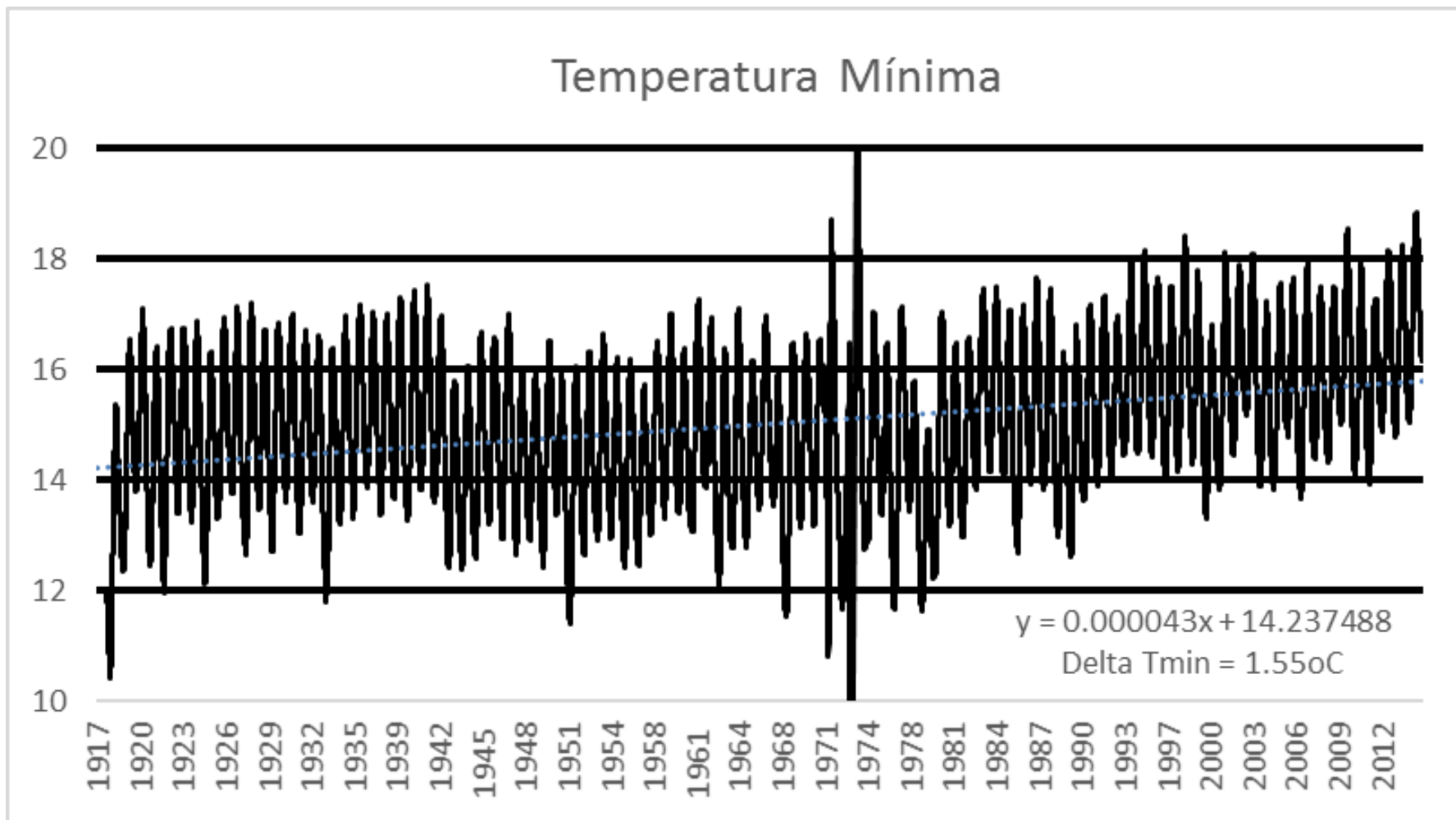
# Clima como fator limitante?



TEMPERATURAS MÉDIAS MÍNIMAS ANUAIS - CAMPINAS, SP.  
MMOVEL 5 - FONTE:IAC



## Variação da Temperatura em Piracicaba, SP entre 1917 e 2015



Fonte: Posto Meteorológico da ESALQ

[www.lab.esalq.br/posto](http://www.lab.esalq.br/posto)

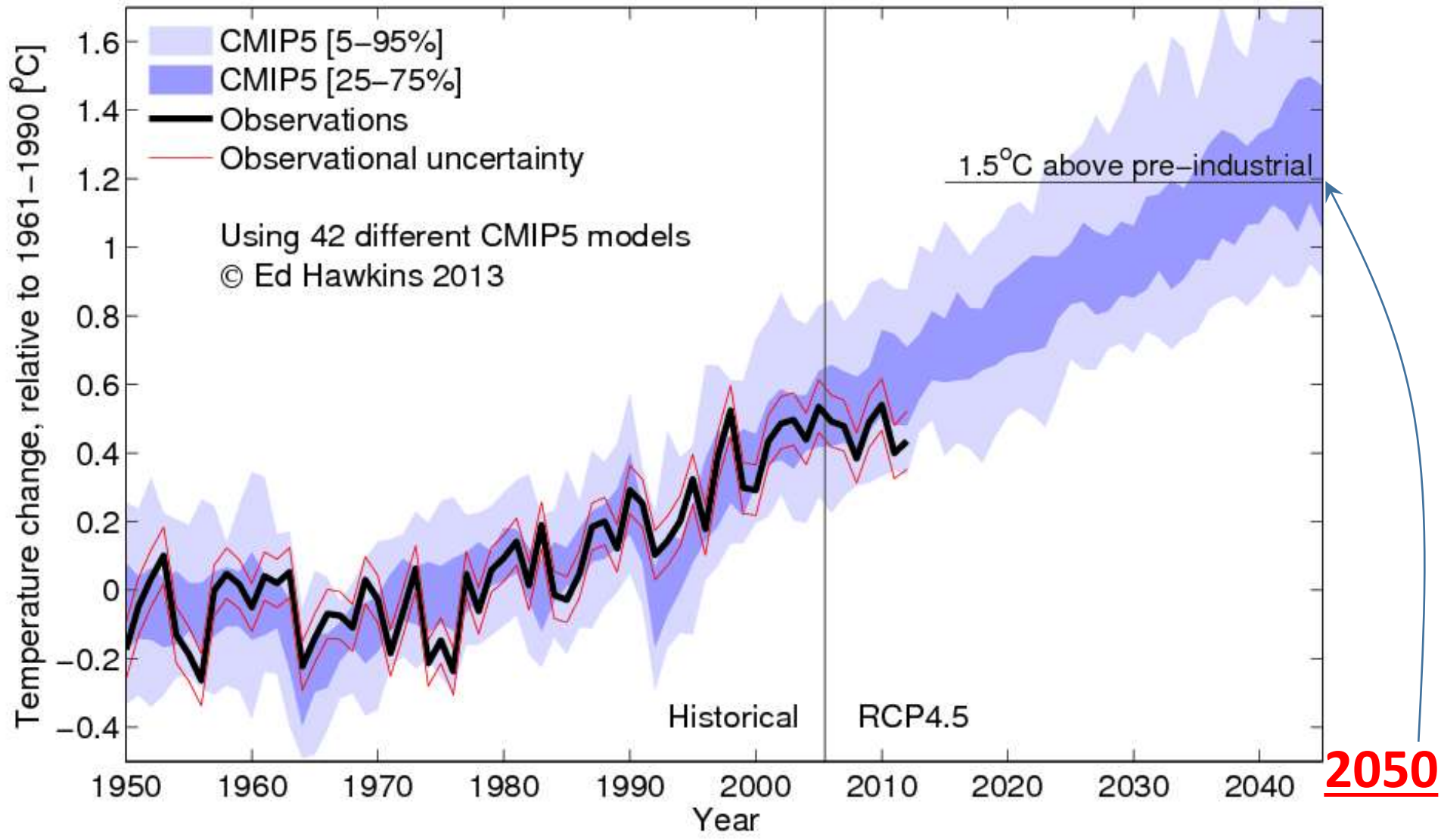


SISTEMA TEMPOCAMPO  
ESALQ-USP

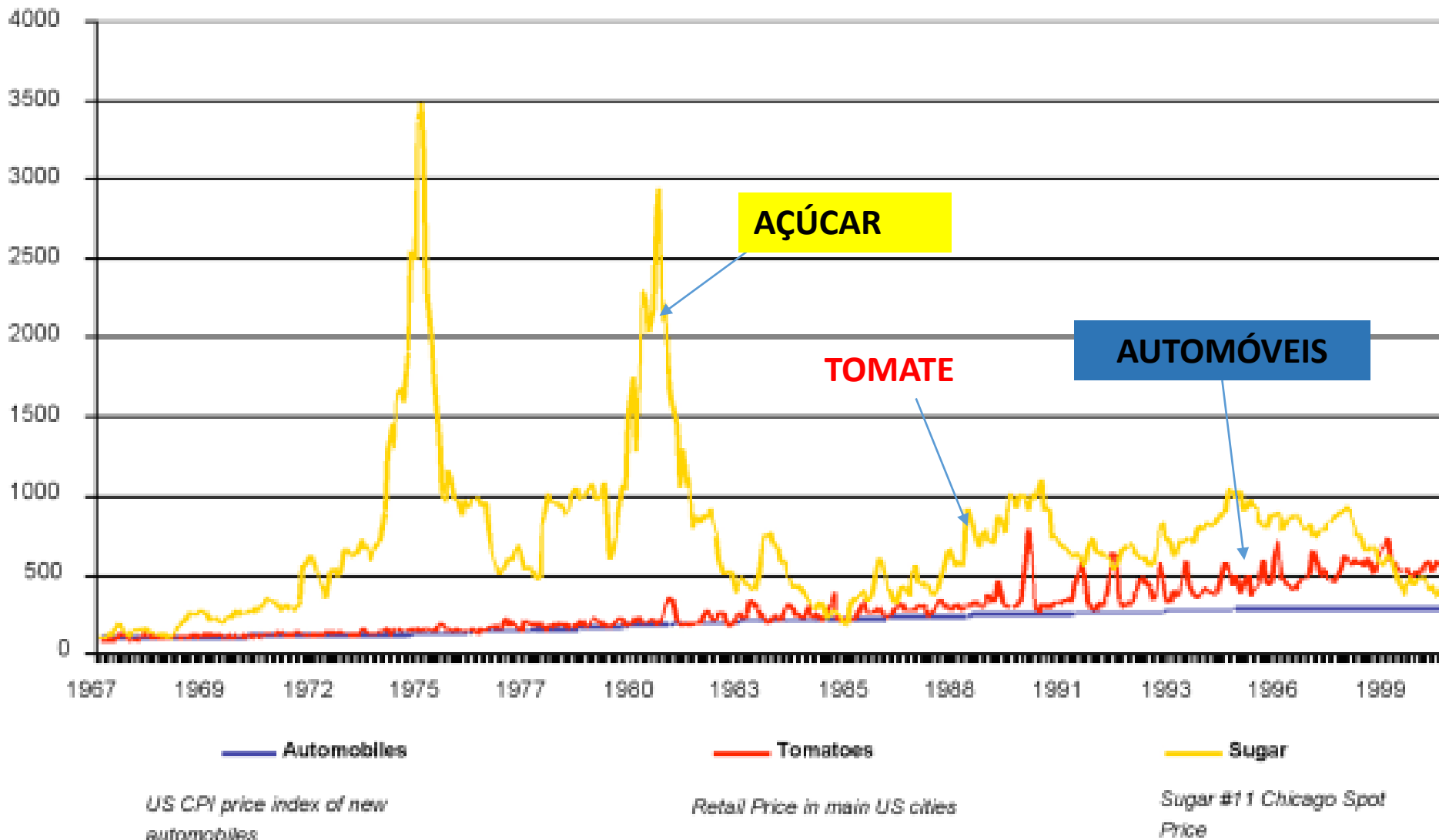


# Projeções Climáticas Globais

GLOBAL TEMPERATURES: comparing CMIP5 & HadCRUT4



# Relação Clima X Agricultura



# Quinta Revolução Agrícola?

Schumpeter

## Digital disruption on the farm

Managers in the most traditional of industries distrust a promising new technology

May 24th 2014 | From the print edition



Brett Ryder

Matéria completa em:  
<http://www.economist.com/news/business/21602757-managers-most-traditional-industries-distrust-promising-new-technology-digital>

INNOVATION is a word that brings to mind small, nimble startups doing clever things with cutting-edge technology. But it is also vital in large, long-established industries—and they do not come much larger or older than agriculture. Farmers can be among the most hidebound of managers, so it is no surprise that they are nervous about a new idea called prescriptive planting, which is set to disrupt their business. In essence, it is a system that tells them with great precision which seeds to plant and how to cultivate them in each patch of land. It could be the biggest change to agriculture in rich countries since genetically modified crops. And it is proving nearly as controversial, since it raises profound questions about who owns the information on which the service is based. It also plunges stick-in-the-mud farmers into an unfamiliar world of "big data" and privacy battles.

# MODELAGEM E SIMULAÇÃO: UMA DAS FERRAMENTAS DA REVOLUÇÃO DIGITAL

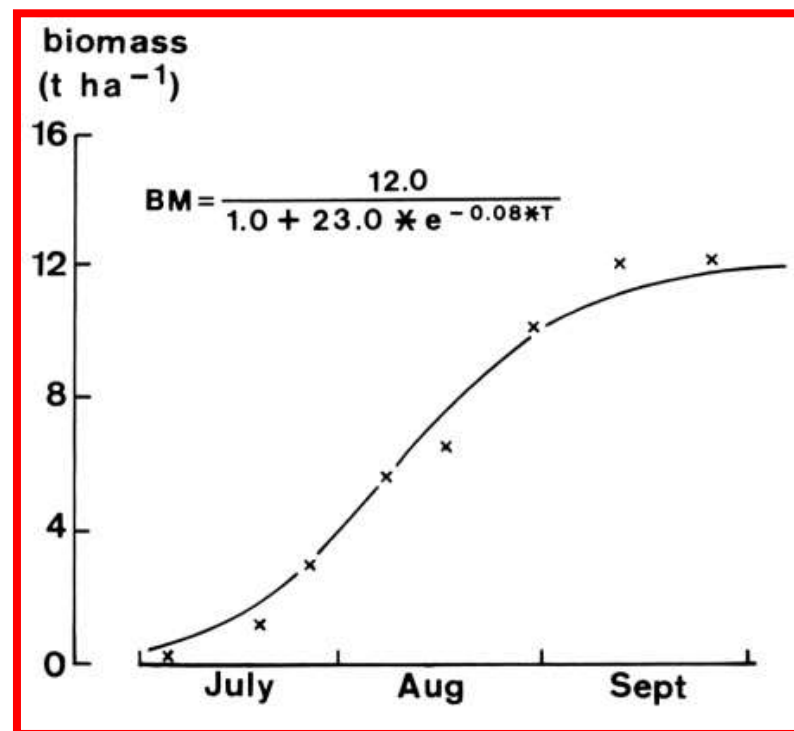
*Definição: “Um modelo é um padrão, uma representação ou descrição feita para demonstrar o funcionamento de um objeto, um sistema, ou conceito. É uma simplificação da realidade.”*



# Tipos de Modelos

## Modelos Empíricos

Consistem em uma ou mais equações, e normalmente estão associados a características locais, com dificuldade para sua extrapolação.



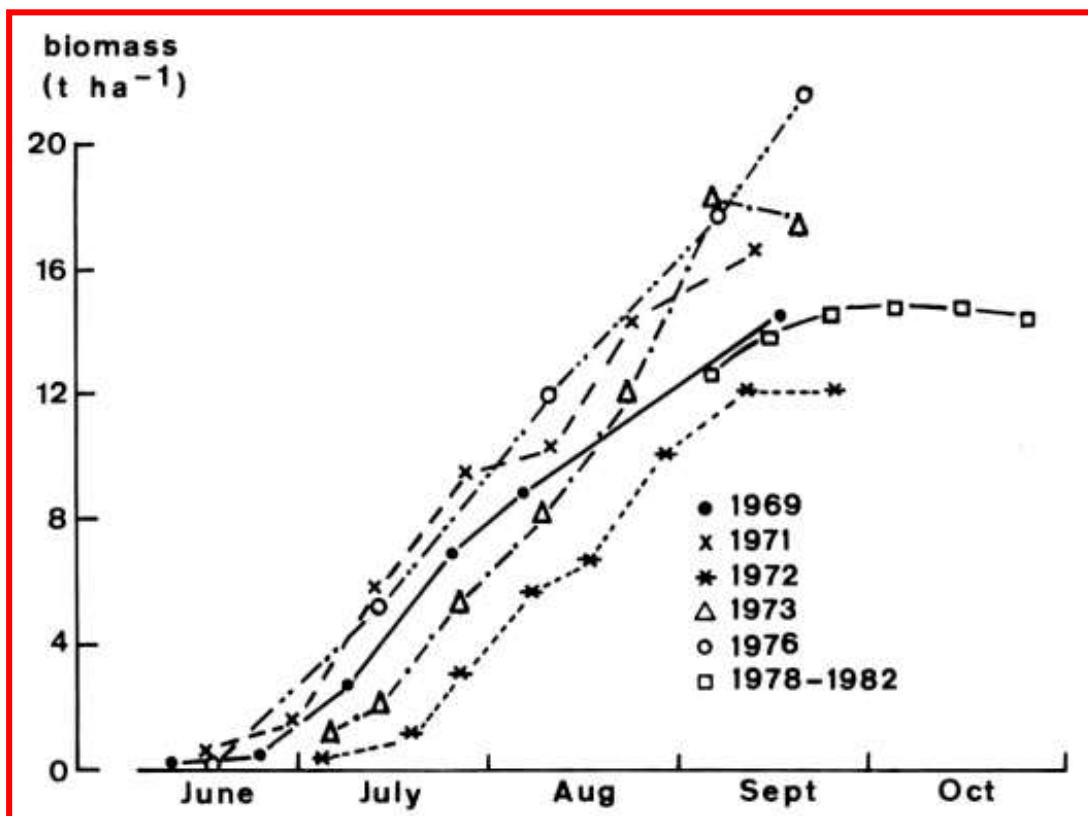
Varição da massa seca de cultura de milho na safra de 1972, na Holanda.



SISTEMA TEMPOCAMPO  
ESALQ-USP



# Modelos Empíricos



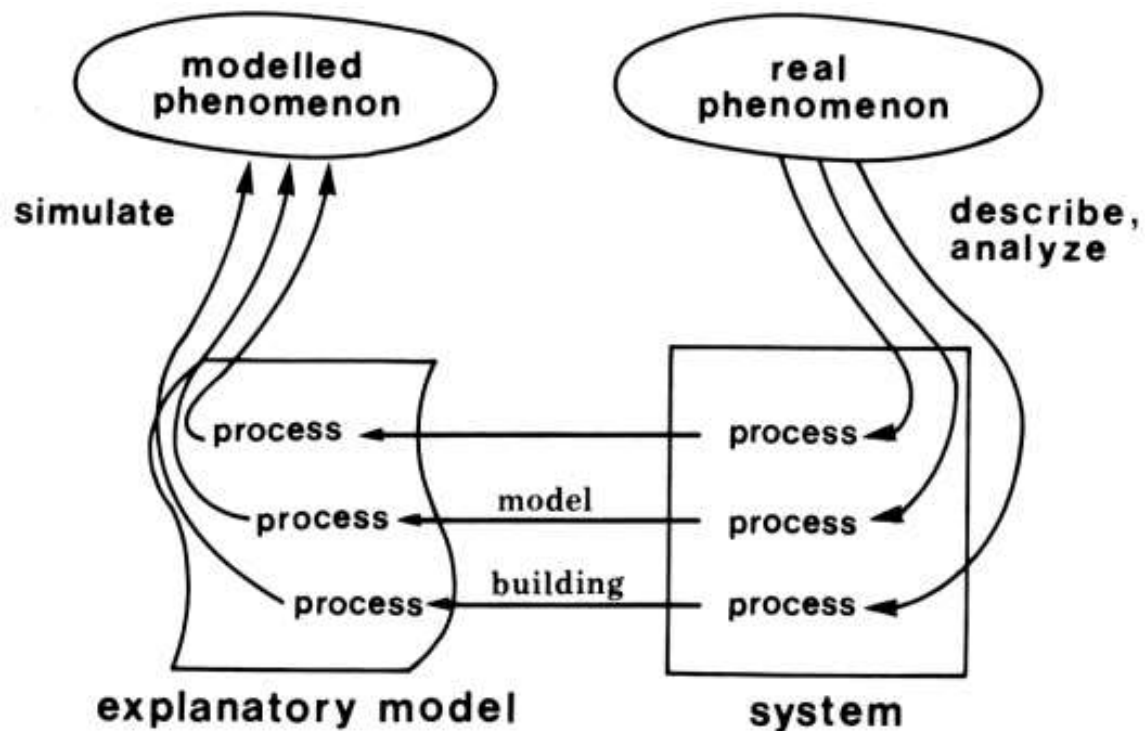
**Variabilidade climática não contemplada.**

Variação da massa seca de cultura de milho na safra em diferentes anos agrícolas, na Holanda.

# Tipos de Modelos

- **Modelos Mecanísticos**

- *Consistem numa descrição quantitativa dos mecanismos e processos que **causam** as respostas da planta ao ambiente.*



“PROCESS BASED  
CROP MODELS”

# II Workshop de Modelagem Agrícola ESALQ

3 a 4 de Julho de 2017





H  
i  
s  
t  
ó  
r  
i  
a

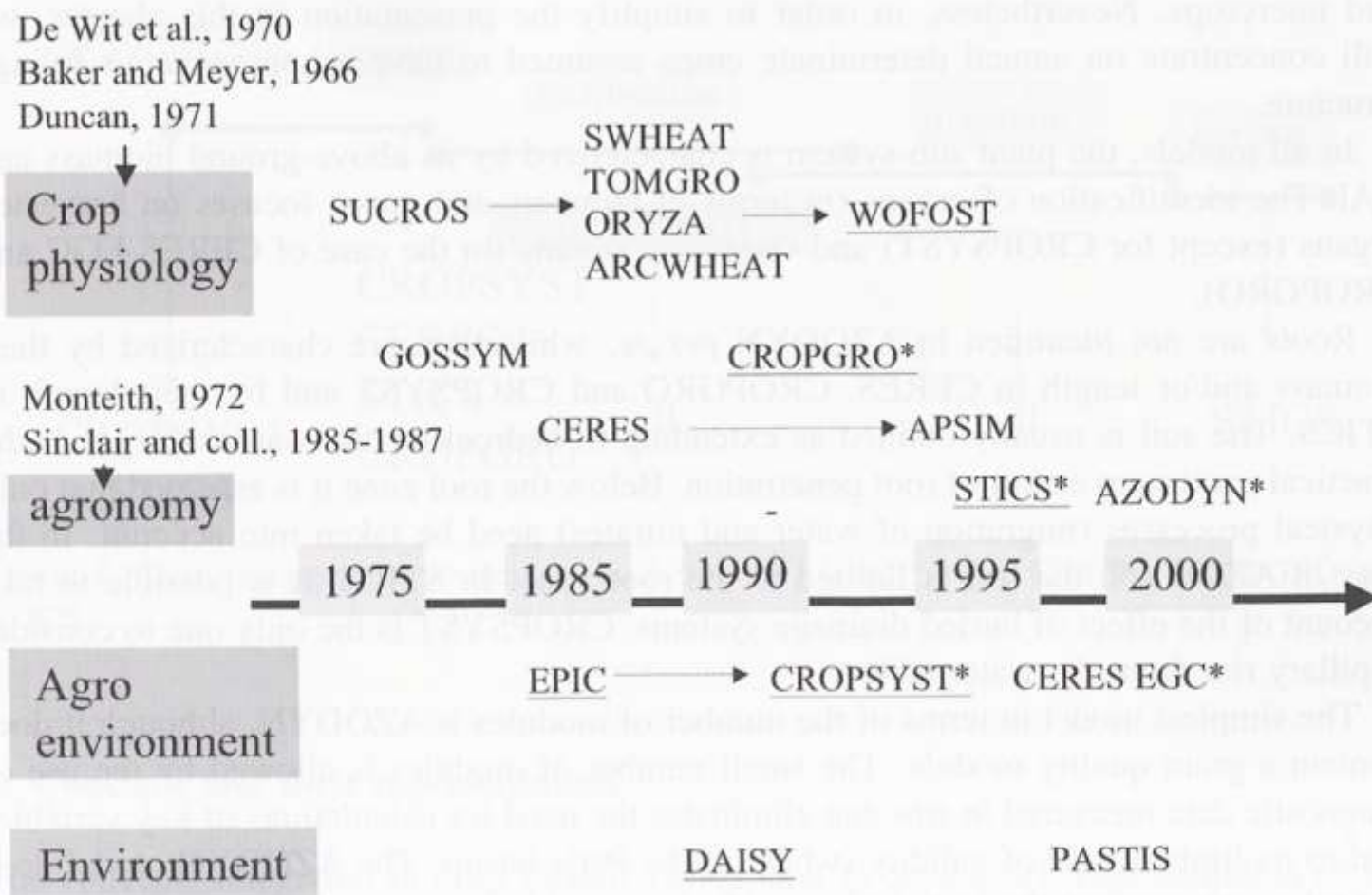


Figure 3. Chronology of crop modeling: underlined – generic models and \* – models described in detail in this presentation.

*“Por conta da sua complexidade, o desafio é tornar modelos mecânicos em ferramentas operacionais”*





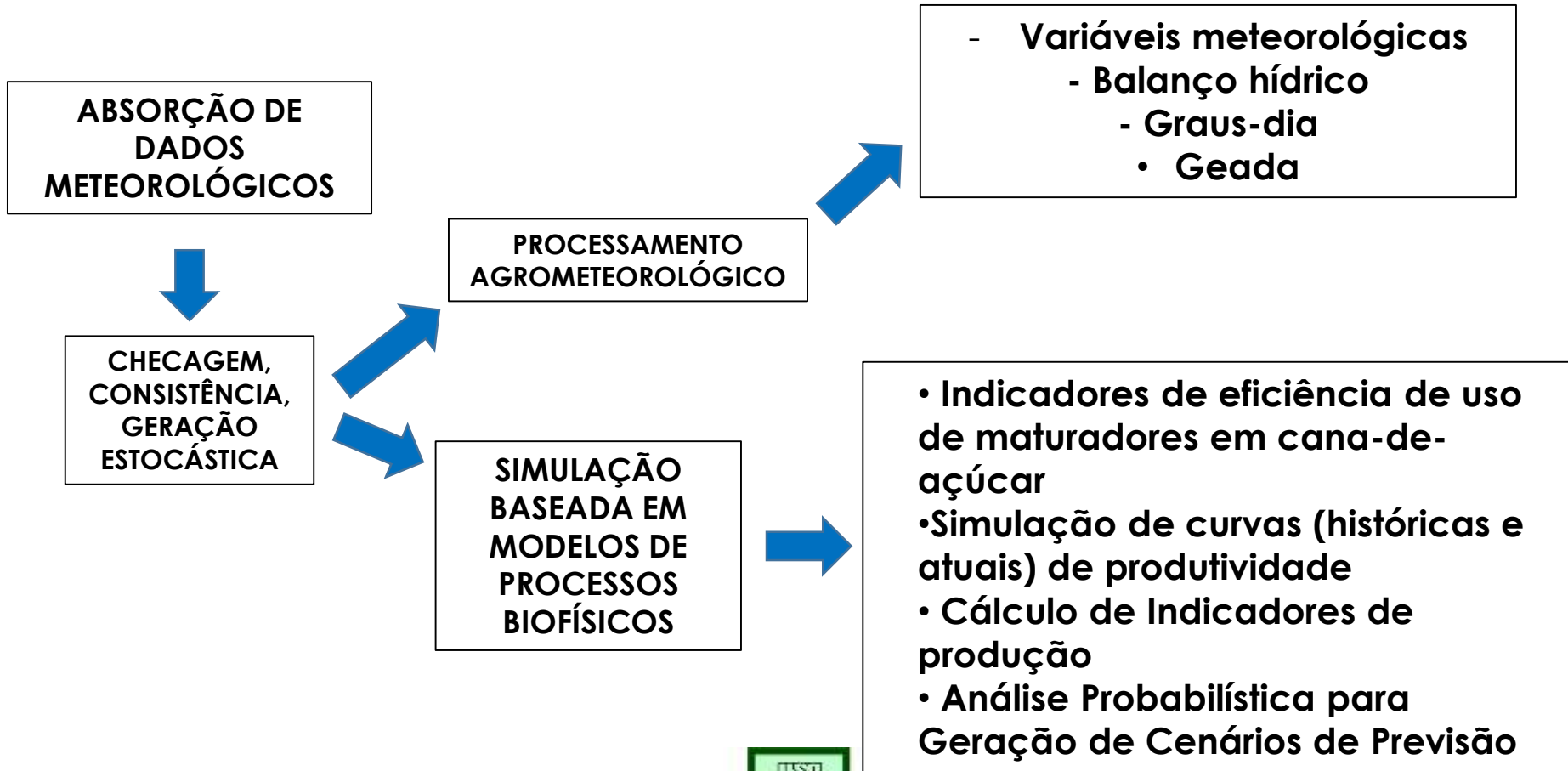


**SISTEMA TEMPOCAMPO**

**ESALQ-USP**

# SISTEMA TEMPOCAMPO

## Estrutura Básica



# SISTEMA TEMPOCAMPO

## Características Técnicas

- Baseado em pesquisa científica e em constante atualização;
- Base de dados de longa duração com dados diários para todo o Brasil;
- Uso de modelos baseado em processos em escala operacional calibrados para a realidade da usina;
- Culturas estudadas: cana-de-açúcar (operacional), soja (operacional), milho (em construção), pastagem (em construção), eucalipto (em construção).
- Contrato institucional via Fundação da ESALQ



# SISTEMA TEMPOCAMPO

## Entregáveis

- Monitoramento agroclimático completo;
- Simulações do desempenho de culturas agrícolas com modelos baseados em processos calibrados em condições comerciais;
- Previsão de safra através da geração de cenários futuros para apoio a tomada de decisão – desde dezembro do ano anterior;
- Boletins eletrônicos semanais
  - Temperatura máxima e mínima – alerta de geada
  - Graus-dia
  - Radiação solar
  - Chuva e número de dias com chuva
  - ETc, ETr, umidade do solo
- Boletins mensais com detalhamento do mês e tabela de projeção (previsão operacional)



# Abrangência Espacial da Base de Dados Meteorológicos

**Atualização diária para as seguintes variáveis:  
temperatura máxima e mínima, radiação solar, chuva, umidade relativa e velocidade do vento.**

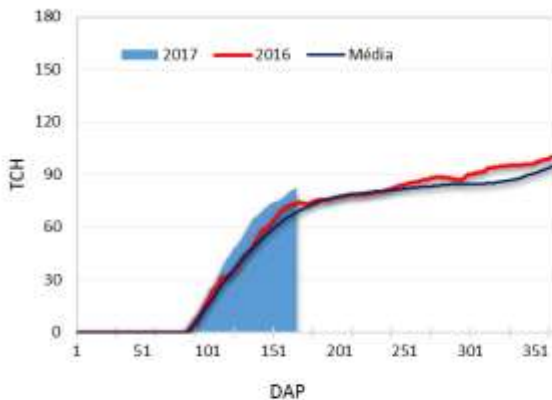




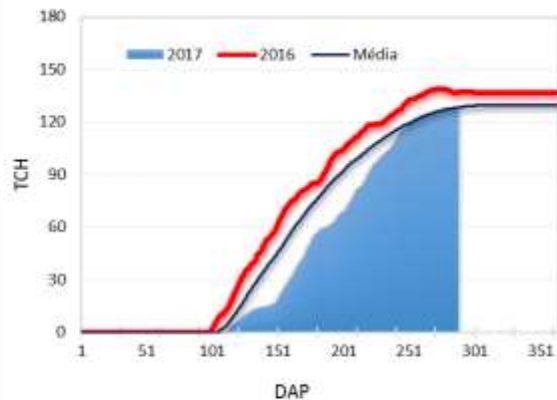
# Monitoramento de TCH

Comparação entre 2016 (linha vermelha) e 2017 (área azul)

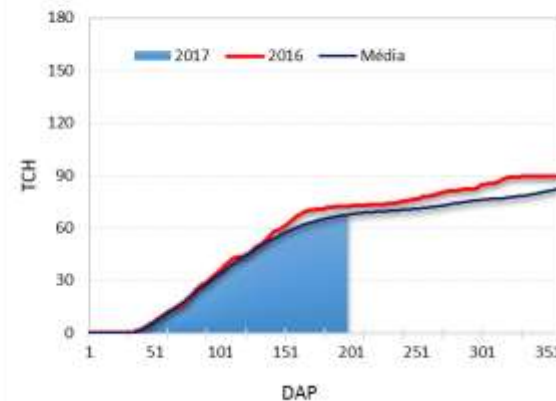
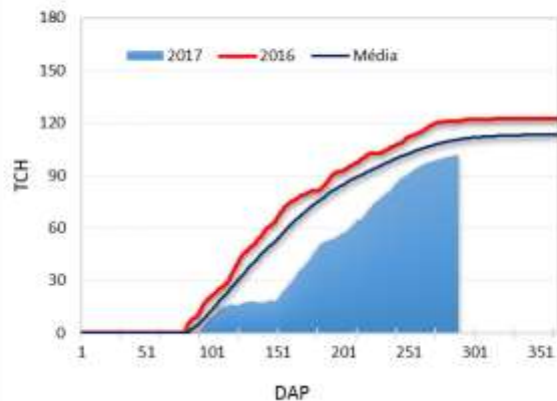
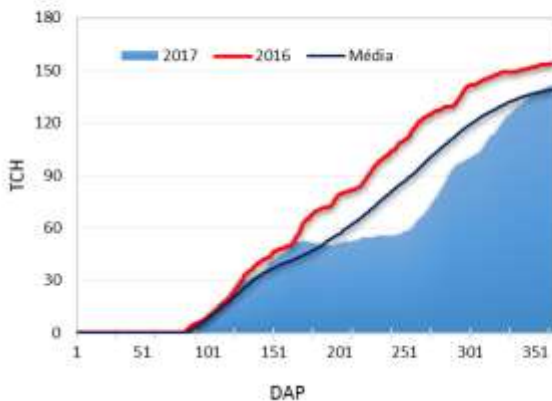
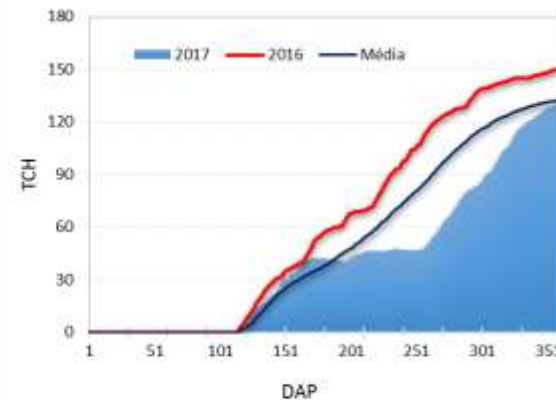
PLANTA ANO



PLANTA INVERNO



PLANTA ANO E MEIO



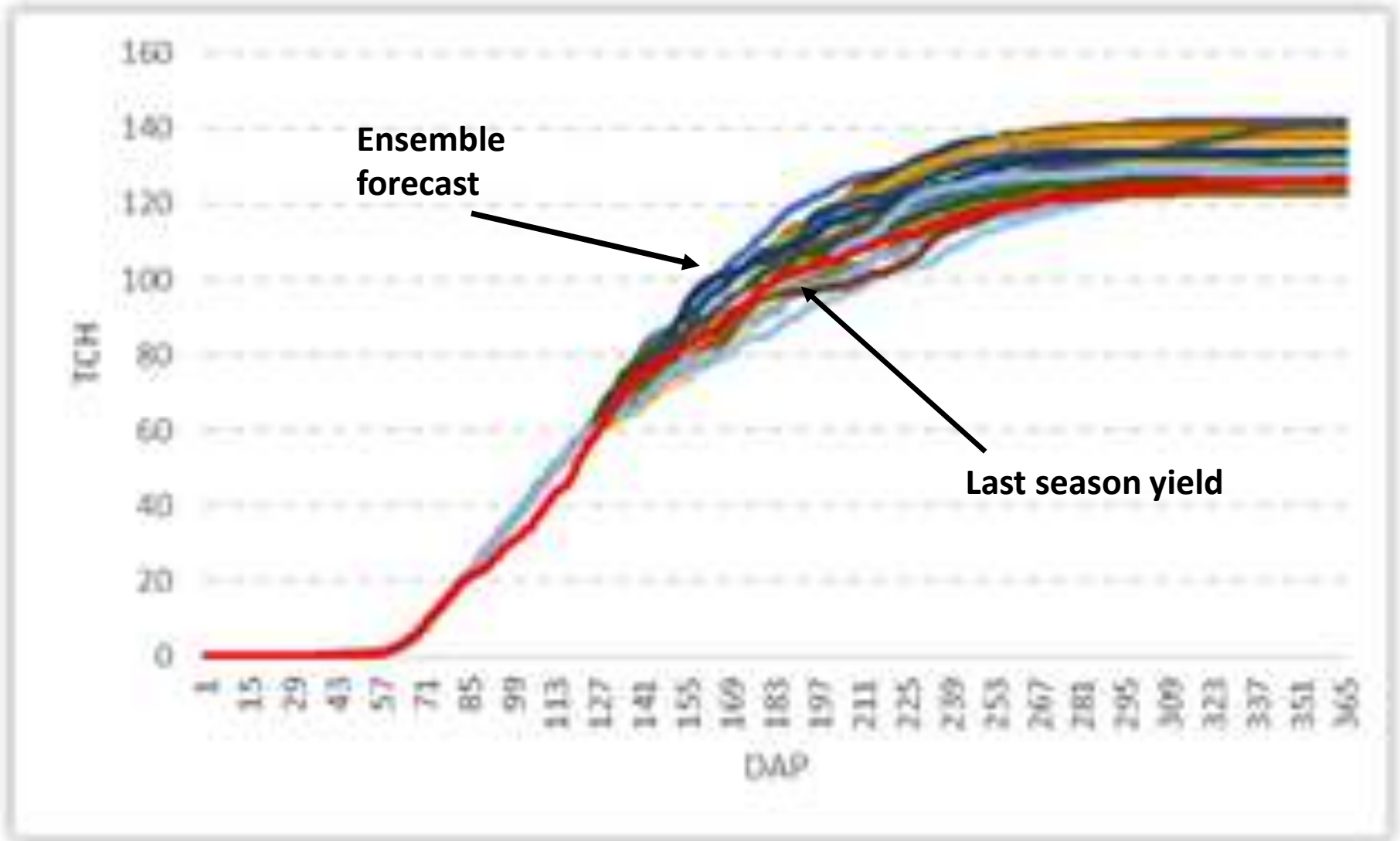
SOCA 1 PRECOCE

SOCA 1 MÉDIA

SOCA 1 TARDIA

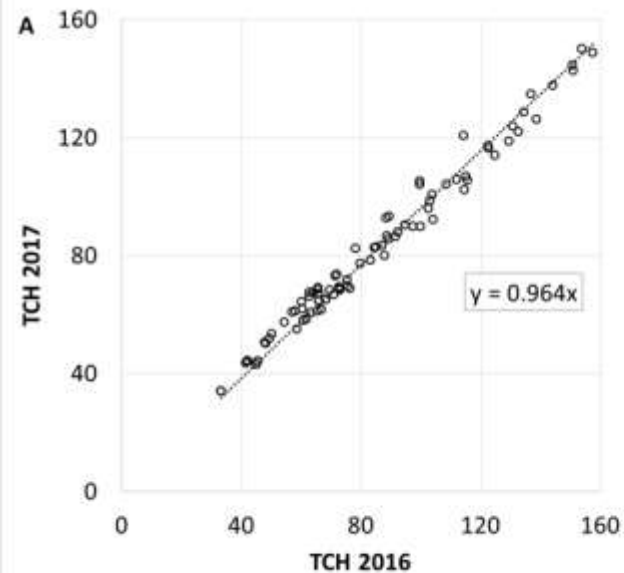


# Como fazemos a Projeção?

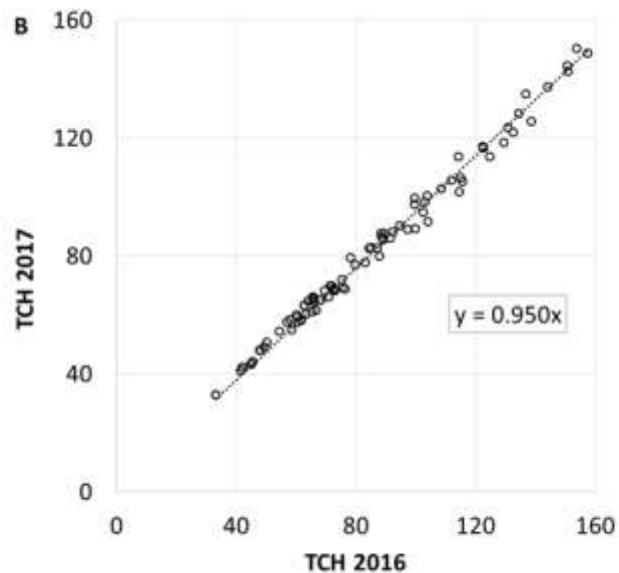


# Previsão de TCH

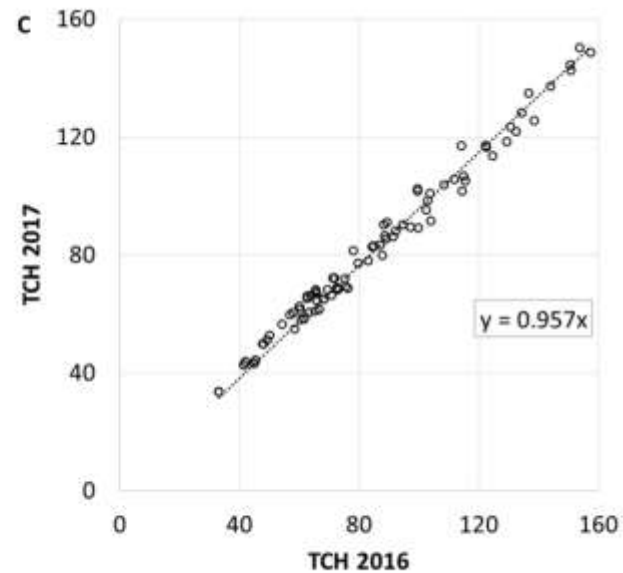
CENÁRIO OTIMISTA



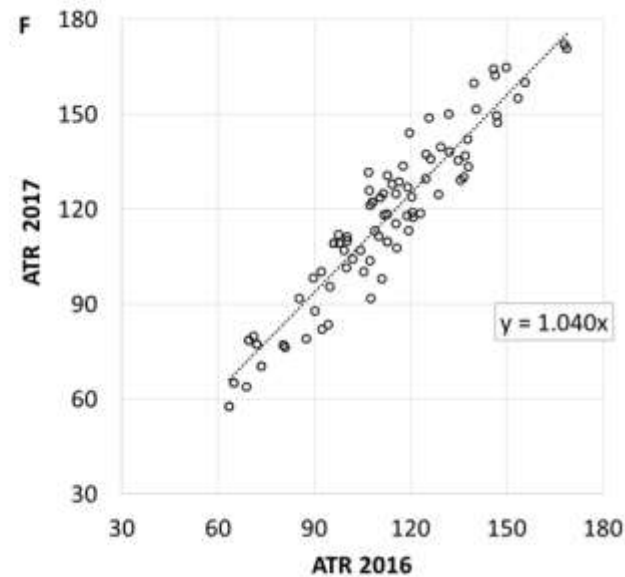
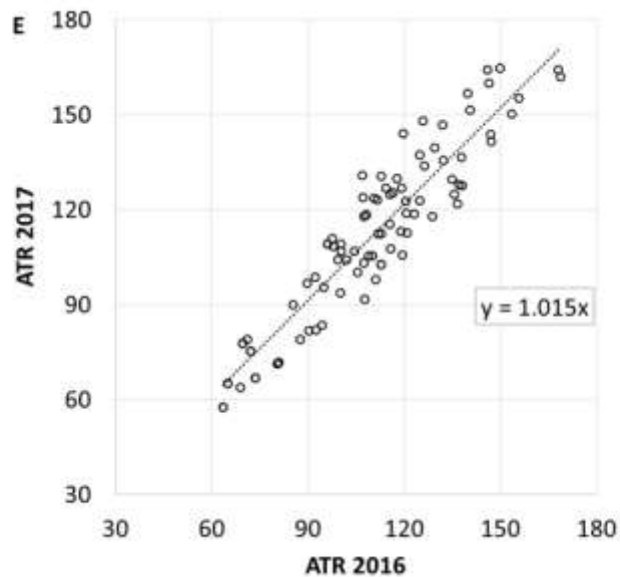
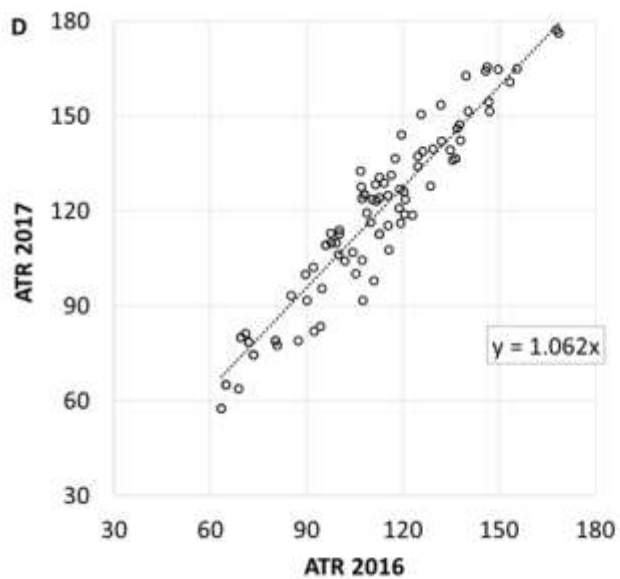
CENÁRIO PESSIMISTA



CENÁRIO MAIS PROVÁVEL



# Previsão de ATR



# Previsão em escala de Usina



			Variação TCH Projetada 2017			Variação ATR Projetada 2017		
Ambiente	Ciclo	Estágio	Pessimista	Provável	Otimista	Pessimista	Provável	Otimista
A	Ano	Planta	-1.33%	1.51%	4.59%	-0.39%	1.04%	2.37%
A	Inverno	Planta	2.09%	2.20%	2.34%	1.60%	1.81%	2.00%
A	AnoMeio	Planta	4.46%	4.46%	4.60%	-0.93%	-0.93%	-0.93%
A	Precoce	2Corte	2.87%	2.87%	2.93%	0.90%	0.90%	0.90%
A	Medio	2Corte	1.28%	1.75%	1.97%	0.53%	1.01%	1.21%
A	Tardio	2Corte	-1.36%	1.36%	3.93%	1.52%	2.75%	3.85%
A	Precoce	3Corte	2.77%	2.77%	2.82%	0.59%	0.59%	0.59%
A	Medio	3Corte	1.13%	1.57%	1.94%	0.98%	1.44%	1.69%
A	Tardio	3Corte	-1.56%	0.73%	2.82%	-0.03%	0.73%	1.62%
A	Precoce	4Corte	3.03%	3.03%	3.09%	0.89%	0.89%	0.89%
A	Medio	4Corte	1.70%	2.07%	2.31%	0.09%	0.30%	0.71%
A	Tardio	4Corte	-1.90%	0.37%	2.69%	0.26%	1.19%	2.04%
A	Precoce	5Corte	2.85%	2.85%	2.90%	0.72%	0.72%	0.73%
A	Medio	5Corte	1.32%	1.71%	1.92%	0.62%	0.74%	1.21%
A	Tardio	5Corte	-1.81%	0.47%	2.80%	-0.22%	0.87%	1.96%
A	Precoce	6Corte	2.77%	2.77%	2.82%	1.21%	1.21%	1.22%
A	Medio	6Corte	1.58%	1.89%	2.14%	0.87%	1.21%	1.47%
A	Tardio	6Corte	-0.99%	1.81%	3.85%	0.15%	0.91%	2.08%
B	Ano	Planta	0.97%	3.05%	5.97%	-1.16%	-0.24%	0.56%
B	Inverno	Planta	2.38%	2.53%	2.68%	2.14%	2.49%	2.77%
B	AnoMeio	Planta	4.38%	4.38%	4.51%	-0.73%	-0.73%	-0.73%
B	Precoce	2Corte	2.23%	2.23%	2.27%	1.92%	1.92%	1.95%
B	Medio	2Corte	1.56%	1.88%	2.32%	0.31%	0.90%	1.33%
B	Tardio	2Corte	-0.02%	2.08%	3.75%	0.88%	1.68%	2.63%
B	Precoce	3Corte	2.66%	2.66%	2.71%	1.76%	1.76%	1.78%
B	Medio	3Corte	1.43%	1.61%	2.05%	0.67%	1.01%	1.32%
B	Tardio	3Corte	1.59%	3.48%	5.37%	-2.48%	-1.37%	-0.50%
B	Precoce	4Corte	2.24%	2.24%	2.27%	1.39%	1.39%	1.41%
B	Medio	4Corte	1.06%	1.31%	1.82%	0.98%	1.44%	1.84%
B	Tardio	4Corte	1.93%	3.86%	6.33%	-2.37%	-1.57%	-0.63%
B	Precoce	5Corte	2.10%	2.10%	2.13%	2.75%	2.75%	2.80%
B	Medio	5Corte	1.24%	1.55%	1.99%	1.13%	1.45%	1.95%
B	Tardio	5Corte	1.50%	3.00%	5.16%	-2.74%	-1.34%	-0.64%
B	Precoce	6Corte	2.14%	2.14%	2.17%	2.97%	2.97%	3.03%
B	Medio	6Corte	1.65%	1.87%	2.24%	0.51%	1.05%	1.54%
B	Tardio	6Corte	0.98%	3.20%	4.61%	-1.68%	-0.92%	0.06%
C	Ano	Planta	0.71%	2.76%	5.19%	-1.94%	-1.07%	0.07%
C	Inverno	Planta	1.86%	1.97%	2.12%	2.38%	2.65%	2.94%
C	AnoMeio	Planta	4.65%	4.65%	4.80%	-1.15%	-1.15%	-1.14%
C	Precoce	2Corte	2.64%	2.64%	2.69%	1.89%	1.89%	1.92%



# Eficiência de uso de maturadores em final de safra, em escala semanal, nas últimas 10 safras agrícolas

## Princípios fundamentais:

- 1) “Maturação” da cana é resultado de um balanço entre fonte e dreno (“*source-sink approach*”);
- 2) “Maturação” ocorre quando há fonte produzindo e dreno deixa de utilizar;
- 3) “Maturação” não ocorre quando a fonte parou (estresse hídrico severo e temperatura muito baixa) e/ou dreno consome o que é produzido;

## Fatores Considerados:

- 1) Temperatura – diferença entre temperatura base de fotossíntese bruta e crescimento vegetativo explica a “maturação” sob temperatura amenas
- 2) Deficiência hídrica – Estresse hídrico afeta diferencialmente crescimento vegetativo e fotossíntese bruta – crescimento vegetativo é paralisado antes da fotossíntese

## Síntese da ferramenta:

- 1) Estresse hídrico severo e/ou frio intenso – Eficiência = 0% (fonte parada)
- 2) Estresse moderado e/ou temperatura amena – Eficiência = 0% (clima-fisiologia já desempenham o papel do maturador)
- 3) Temperatura elevada e água no solo – 100% (fonte ativa e dreno ativo – paralisa o dreno)

# Análise da capacidade preditiva do SISTEMA TEMPOCAMPO na safra 2017/2018



**SISTEMA TEMPOCAMPO**

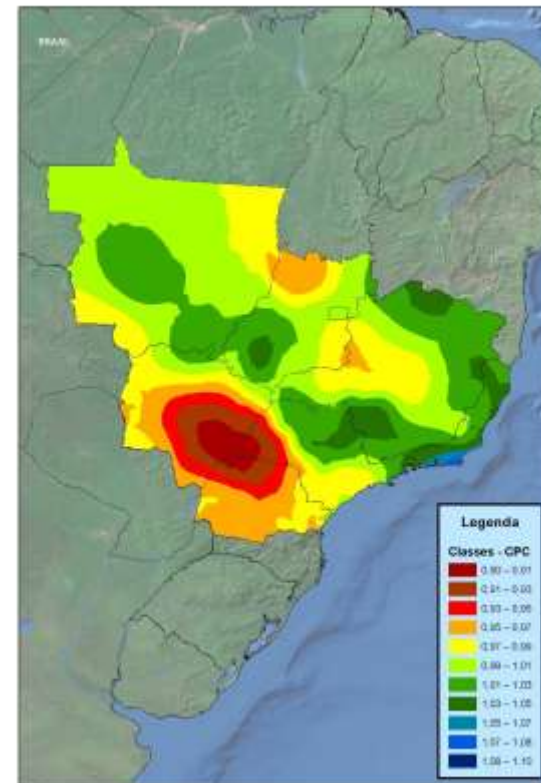
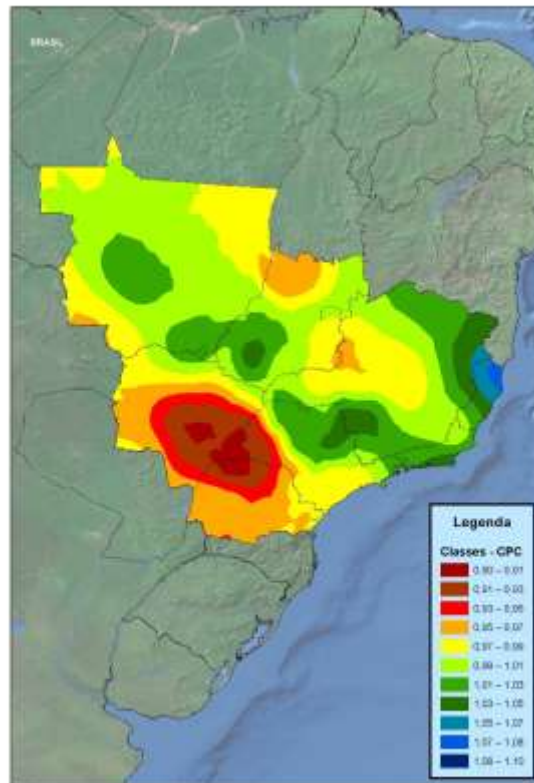
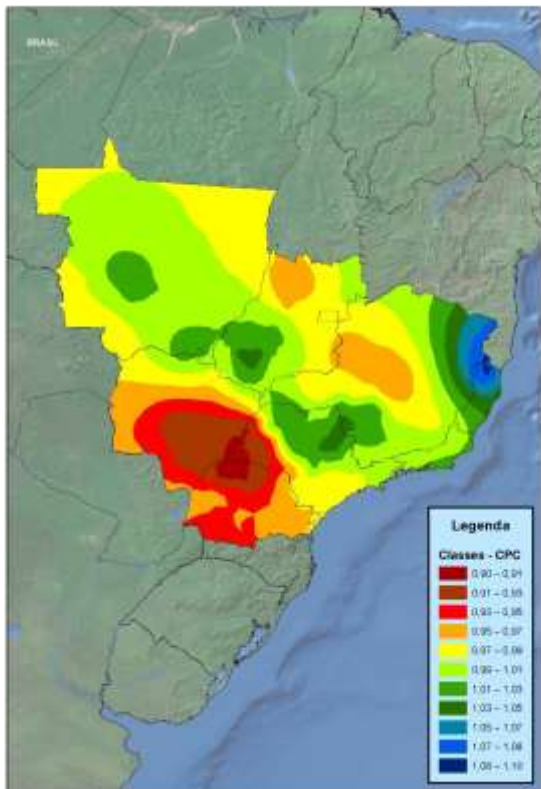
**ESALQ-USP**

# JANEIRO 2017

PESSIMISTA

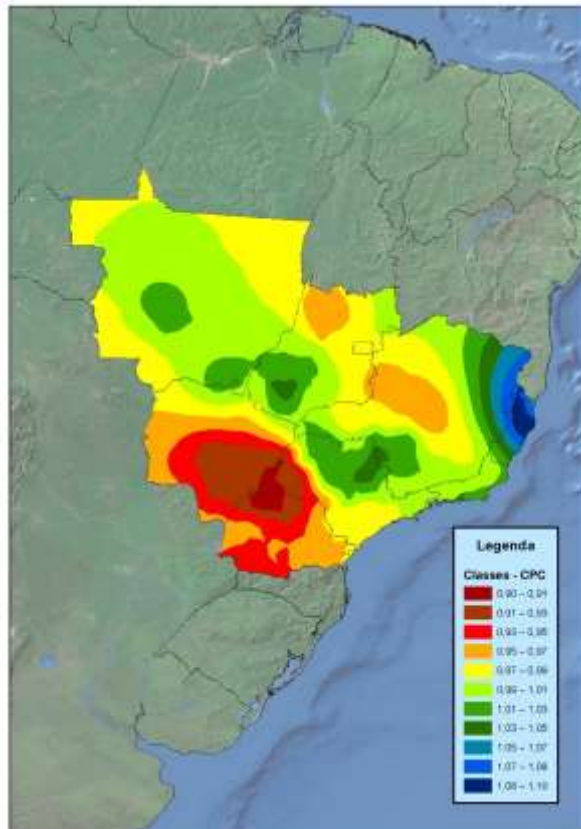
PROVÁVEL

OTIMISTA

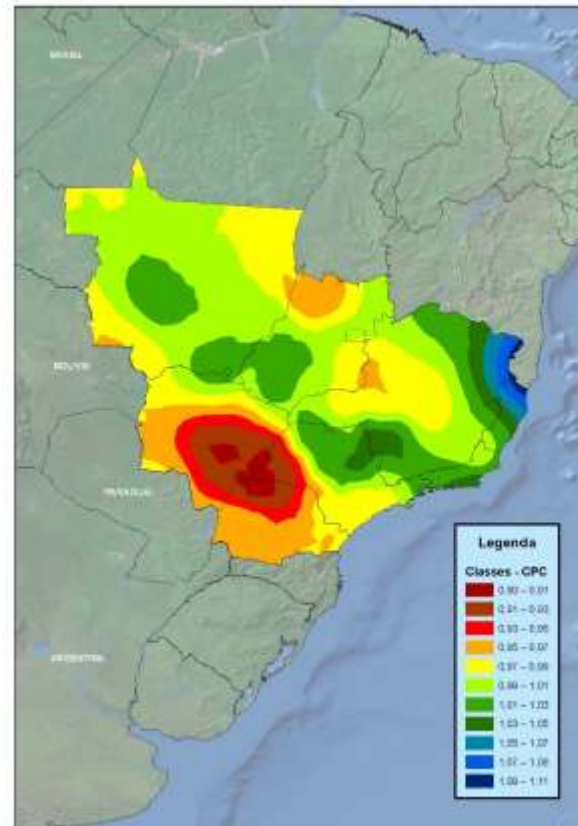


# FEVEREIRO 2017

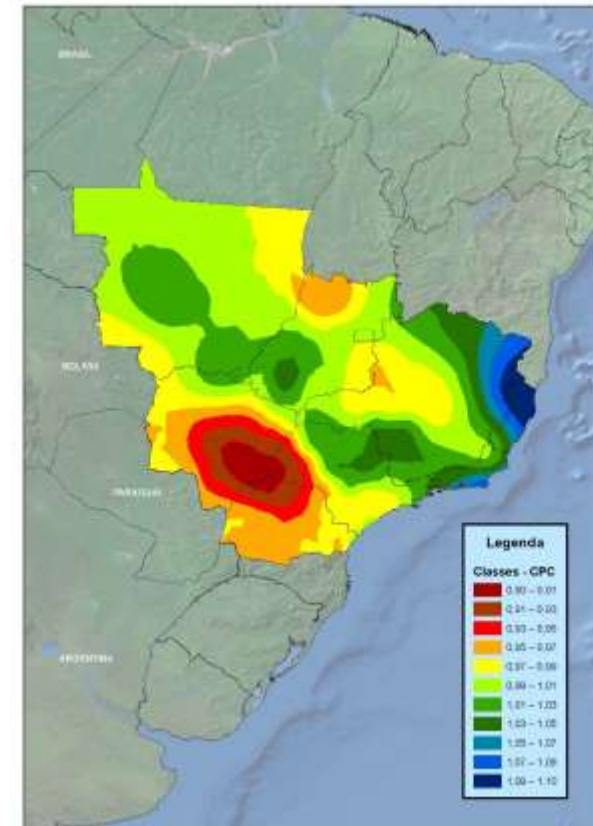
**PESSIMISTA**



**PROVÁVEL**



**OTIMISTA**



SISTEMA TEMPOCAMPO  
ESALQ-USP

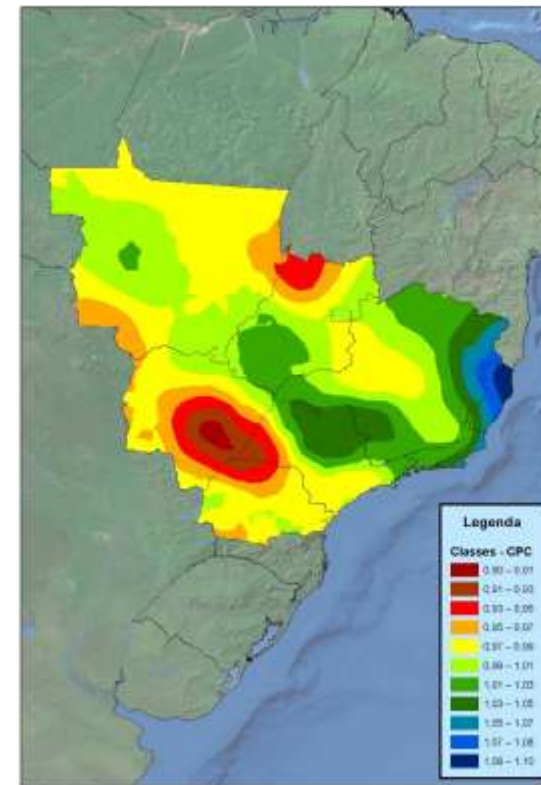
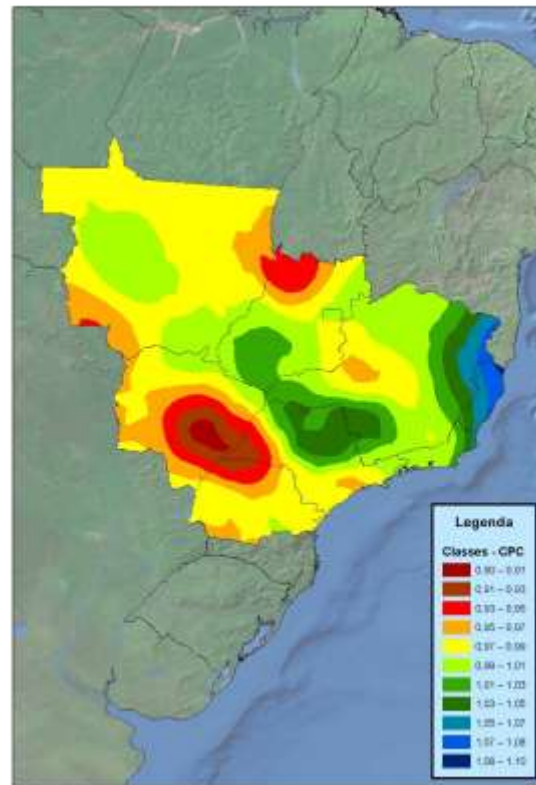
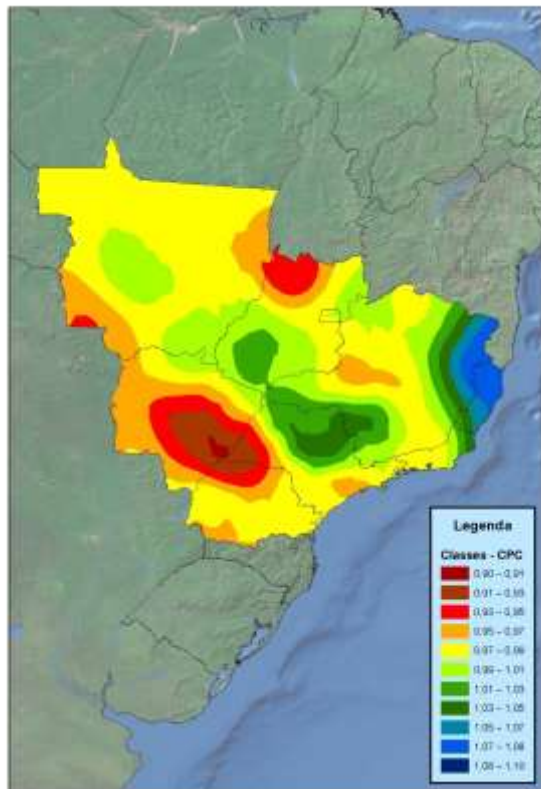


# MARÇO 2017

PESSIMISTA

PROVÁVEL

OTIMISTA



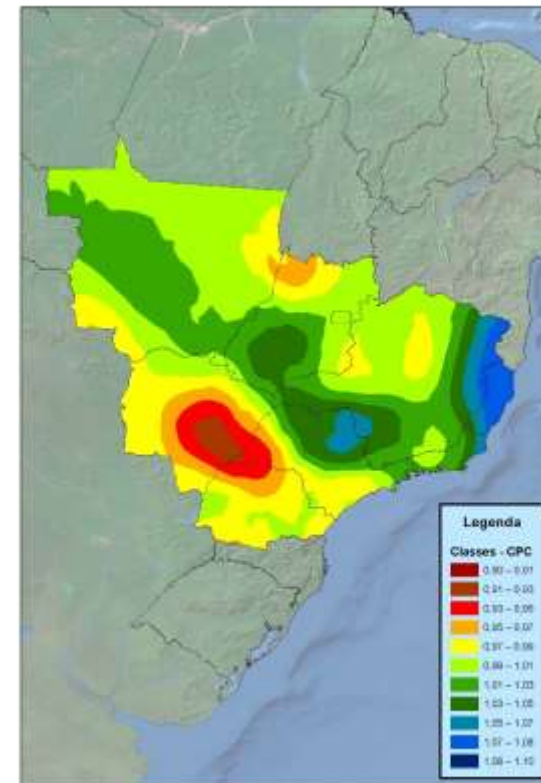
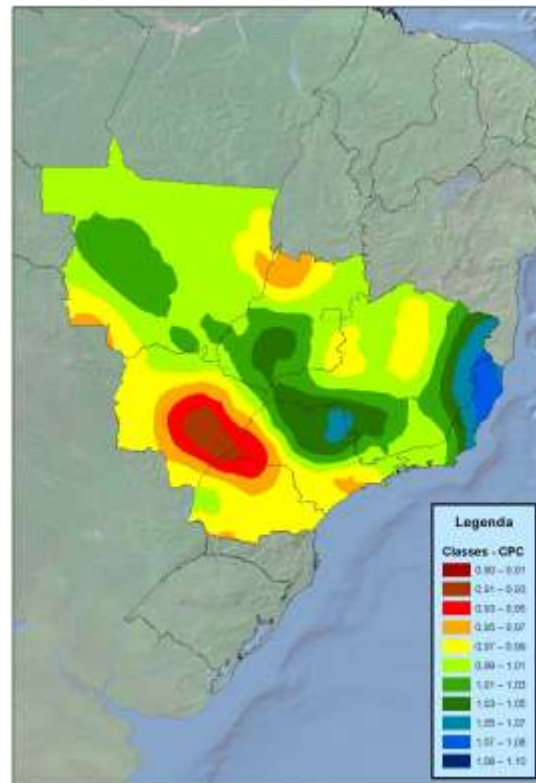
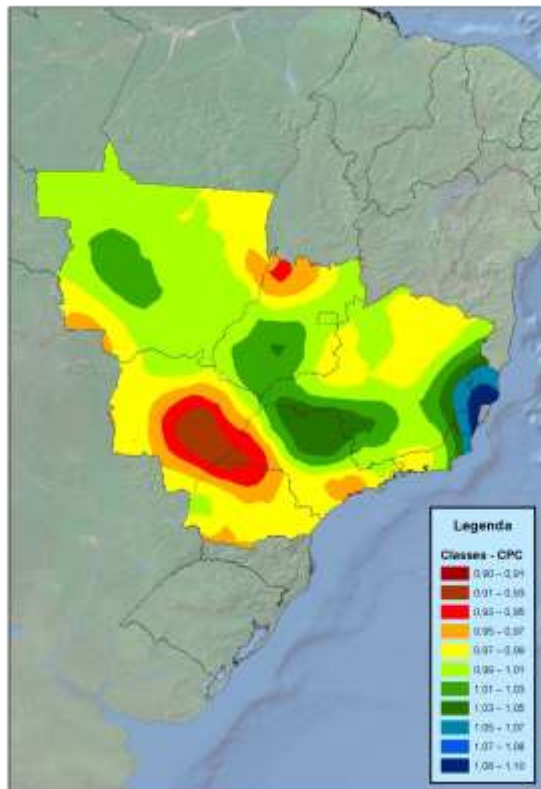


# ABRIL 2017

PESSIMISTA

PROVÁVEL

OTIMISTA

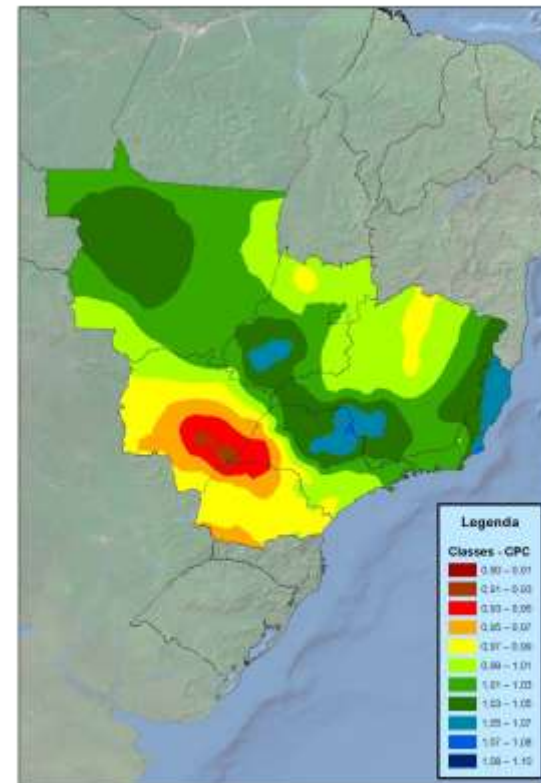
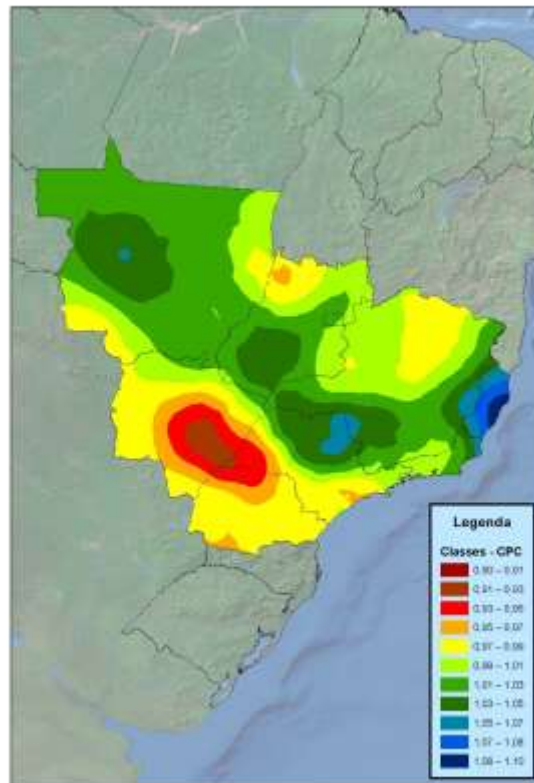
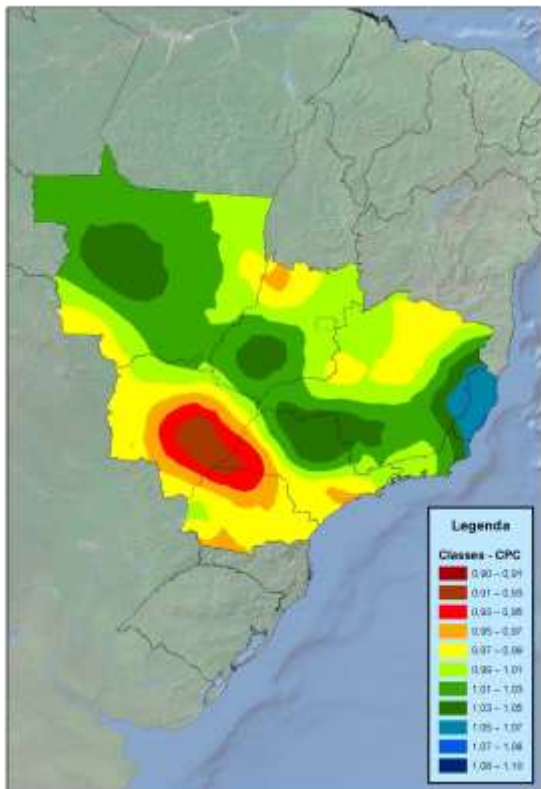


# MAIO 2017

PESSIMISTA

PROVÁVEL

OTIMISTA

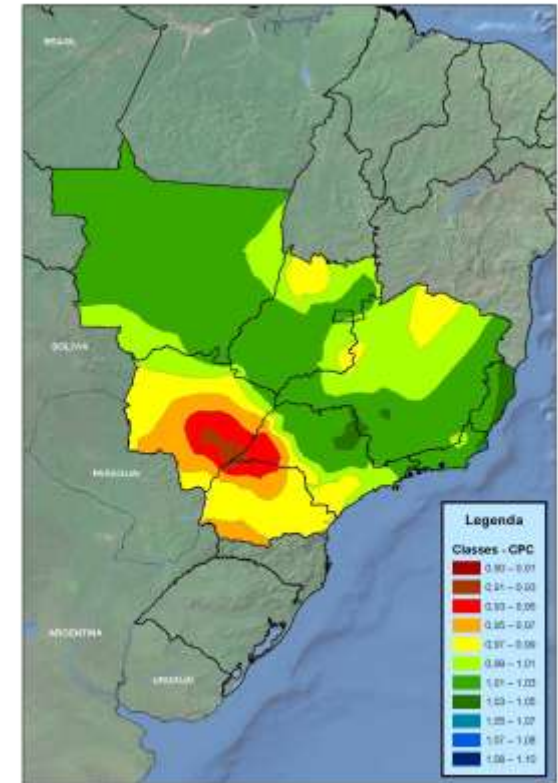
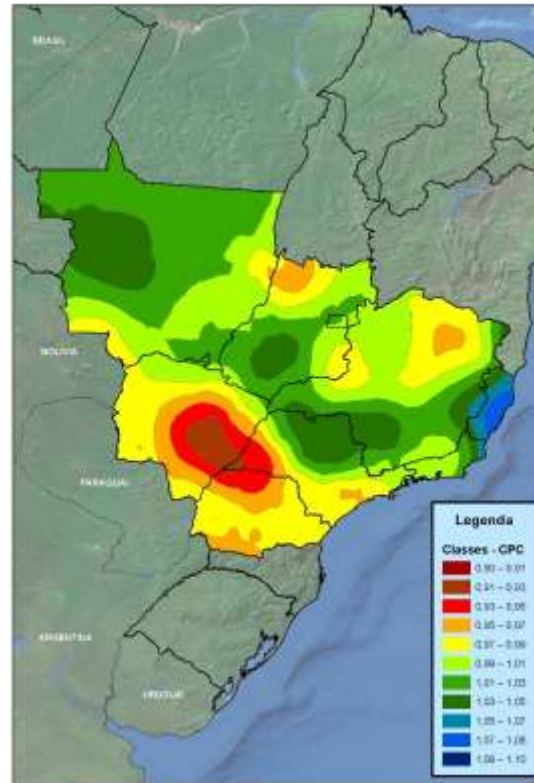
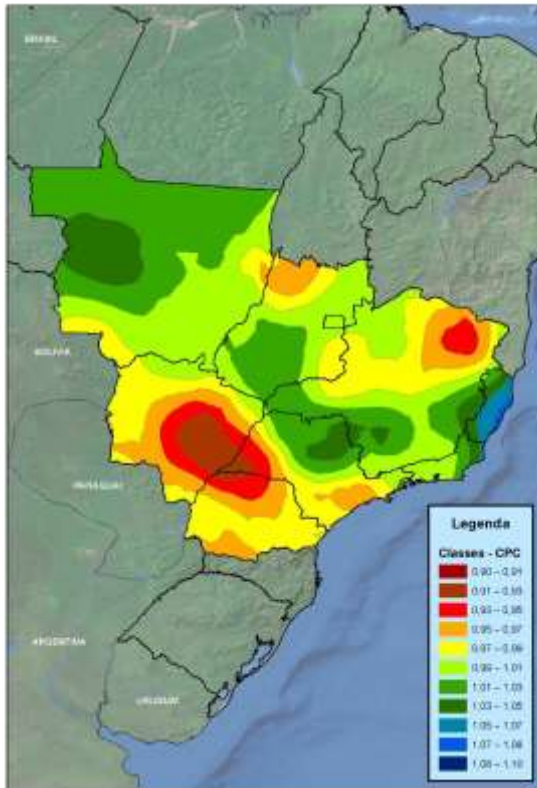


# JUNHO 2017

**PESSIMISTA**

**PROVÁVEL**

**OTIMISTA**



SISTEMA TEMNOCAMPO  
ESALQ-USP





# SISTEMA TEMPOCAMPO

CLIMA – AGRICULTURA – TECNOLOGIA

## Parceiros

grupo  
**maringá**

**ODEBRECHT**  
Agroindustrial



**São Manoel**



**São Martinho**

## Apoio Financeiro

**FAPESP**

**CNPq**  
Conselho Nacional de Desenvolvimento  
Científico e Tecnológico

## Apoio Institucional

Esalq, Fealq,  
esalq-log, Gape, cepea, gpid, Geser

# Equipe



# SISTEMA TEMPOCAMPO

CLIMA – AGRICULTURA – TECNOLOGIA



**C-nter**  
**4º. Agro**



**Eureka**  
**4º. Agro**



**Evandro**  
**PG**



**Fixa**  
**5º. Agro**



**Limitado**  
**3º. Agro**



Obrigado!



**SISTEMA  
TEMPOCAMPO**

CLIMA – AGRICULTURA – TECNOLOGIA

