



CRISE HÍDRICA NO ESTADO DE SÃO PAULO

SINTAEMA, São Paulo – SP, 11 de Novembro de 2014

- Prof. Dr. Antonio Carlos Zuffo (FEC-UNICAMP)

Laboratório de **A**poio Multicritério à **D**ecisão Orientada à **S**ustentabilidade **E**mpresarial e **A**mbiental
LADSEA

Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP

Departamento de Recursos Hídricos – DRH

Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – FEC



Efeito Noé e Efeito José

Em um artigo publicado na

Water Resources Research, vol.(4), No. 5, de

Outubro de 1968

Benoit B. Mandelbrot e James R. Wallis estudaram os dados fluviométricos históricos de alguns dos grandes rios do mundo, em particular do Nilo no Egito.

Efeito Noé e Efeito José

Eles identificaram padrões recorrentes e os batizaram de "**Efeito José**" e "**Efeito Noé**".

Analogias com comportamentos identificados em trechos das histórias bíblicas

Efeito Noé e Efeito José

- O “*Efeito José*” – Este efeito descreve “*persistência*” dos fenômenos, no caso as chuvas, evento climático.
- Definiram que “*um período longo não usual de precipitações (altas ou baixas) pode ser extremamente longo*”. Neste caso podemos interpretar o sentido “longo”, como um período de 35 a 50 anos. Os autores afirmam ainda que “*os modelos atuais de hidrologia estatística não consideram um ou outro efeito e devem ser substituídos*”, os testes estatísticos de tendências, que misturam esses períodos mais secos com os mais úmidos.

Efeito Noé e Efeito José

- O “*Efeito Noé*” – Este efeito descreve “*descontinuidade*”.

Mandelbrot e Wallis descobriram que quando algo muda, pode mudar de forma abrupta e como o descreveram “*nós designamos como Efeito Noé ao fato que uma precipitação extrema pode ser realmente muito extrema,...*”. Isto equivale a dizer que se pode esperar pelo inesperado.

Efeito Noé e Efeito José

- Como colocou o escritor científico James Gleick: *“Os efeitos Noé e José empurram para direções diferentes, mas se eles se somam levam a isto: as tendências da natureza são reais, mas elas podem desaparecer tão rapidamente como apareceram”*.
- Os efeitos Noé e José são "*quase ciclos*" ou "*ocorrem*" em séries de tempo cíclico que se parecem, mas não o são, porque eles não ocorrem em uma base previsível regular.

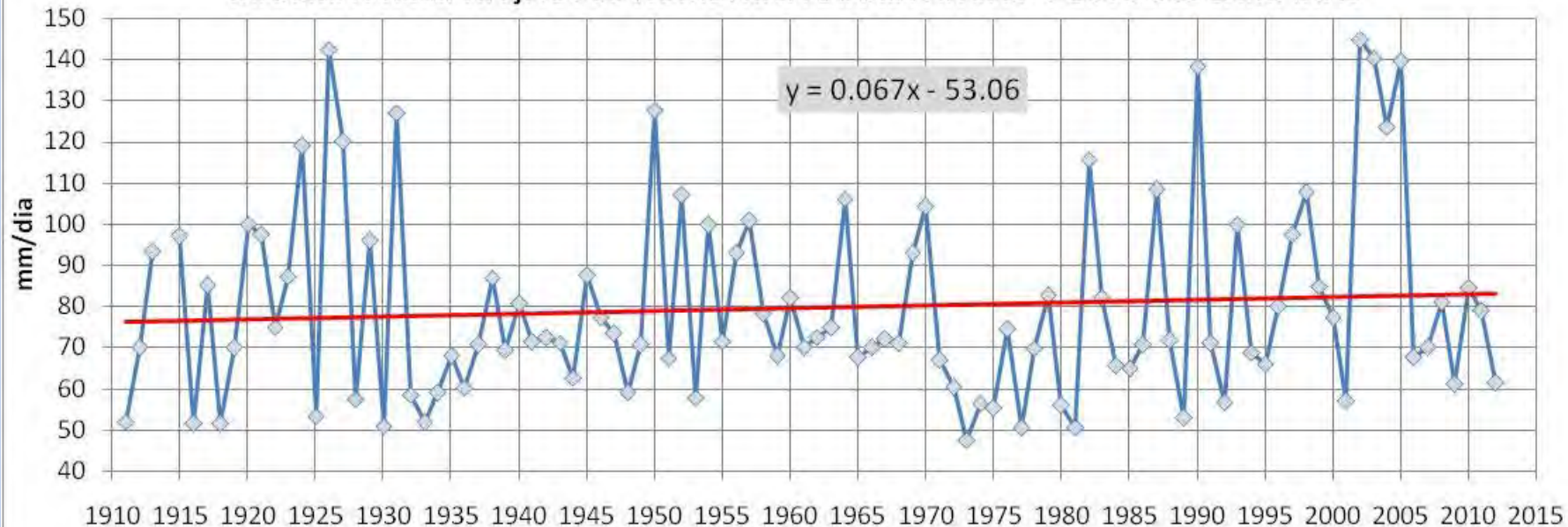
Efeito Noé e Efeito José

- “Rios da América do Sul e da África já apresentaram esse comportamento, como citado por Tucci e Clarke (1980) e Collischonn et al. (2001), onde relataram que *na América do Sul foi observado aumento de vazão após 1970 enquanto que na África ocorreu o contrário*”.
- “Tucci e Braga (2003) citaram que *desde 1970 as regiões centro-oeste, sul e sudeste apresentaram vazão média cerca de 30% superior a do período anterior*. Segundo os autores, o aumento de vazões ocorre, pelo menos parcialmente, como consequência de um aumento simultâneo, mas menos intenso, das precipitações da mesma região do Brasil”.

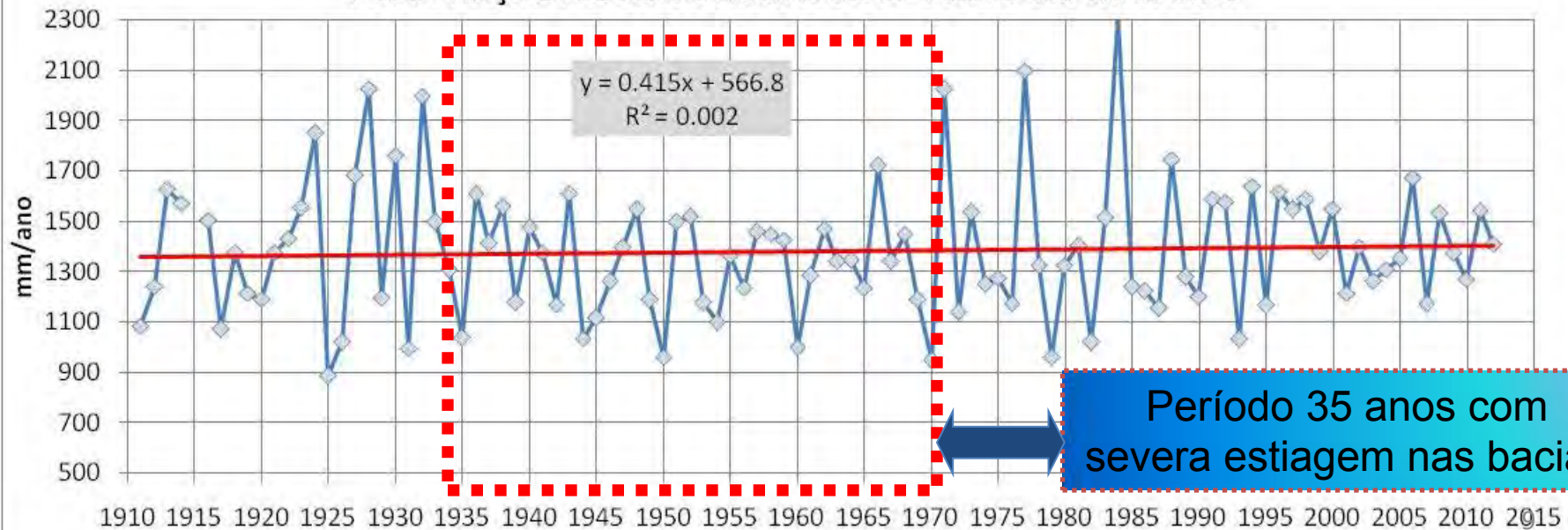
Efeito Noé e Efeito José

- “Simultaneamente, *em algumas regiões da África* (exemplo, a Bacia do Congo e África subsaariana), passaram por período menos úmido do que períodos anteriores, o que *ocasionou redução de vazões e cotas de rios* (Tucci e Braga, 2003)”.
- “Já Tucci (2011), dá como exemplo *as diferentes variações observadas no rio Paraguai e no Lago Vitória*. A série de Ladário no rio Paraguai apresentou cotas máximas anuais de 1900 a 1960, quando flutuou perto de 4,0 m, enquanto que no período de 1960 a 1973, chegou um pouco acima de 2,0 m. Depois de 1974 a 2000 atingiu cerca de 5,0 m. *No lago Vitória, na África, o período de níveis foi o oposto ao do rio Paraguai, cheia entre 1960 e 1973 e níveis muito abaixo no restante*”.

MÁXIMA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DIÁRIA ANUAL - POSTO IAC CAMPINAS

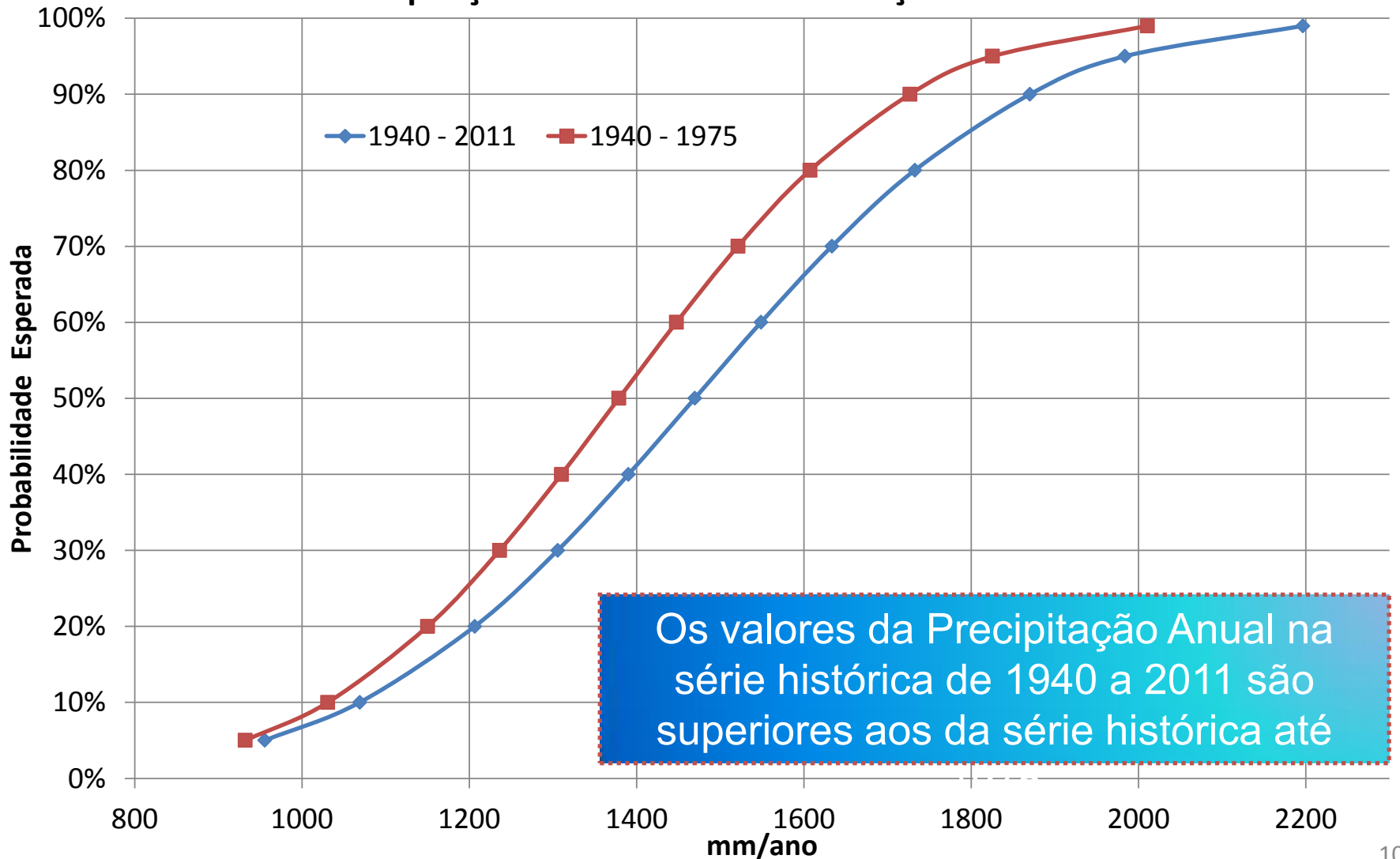


PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA ANUAL - POSTO IAC CAMPINAS

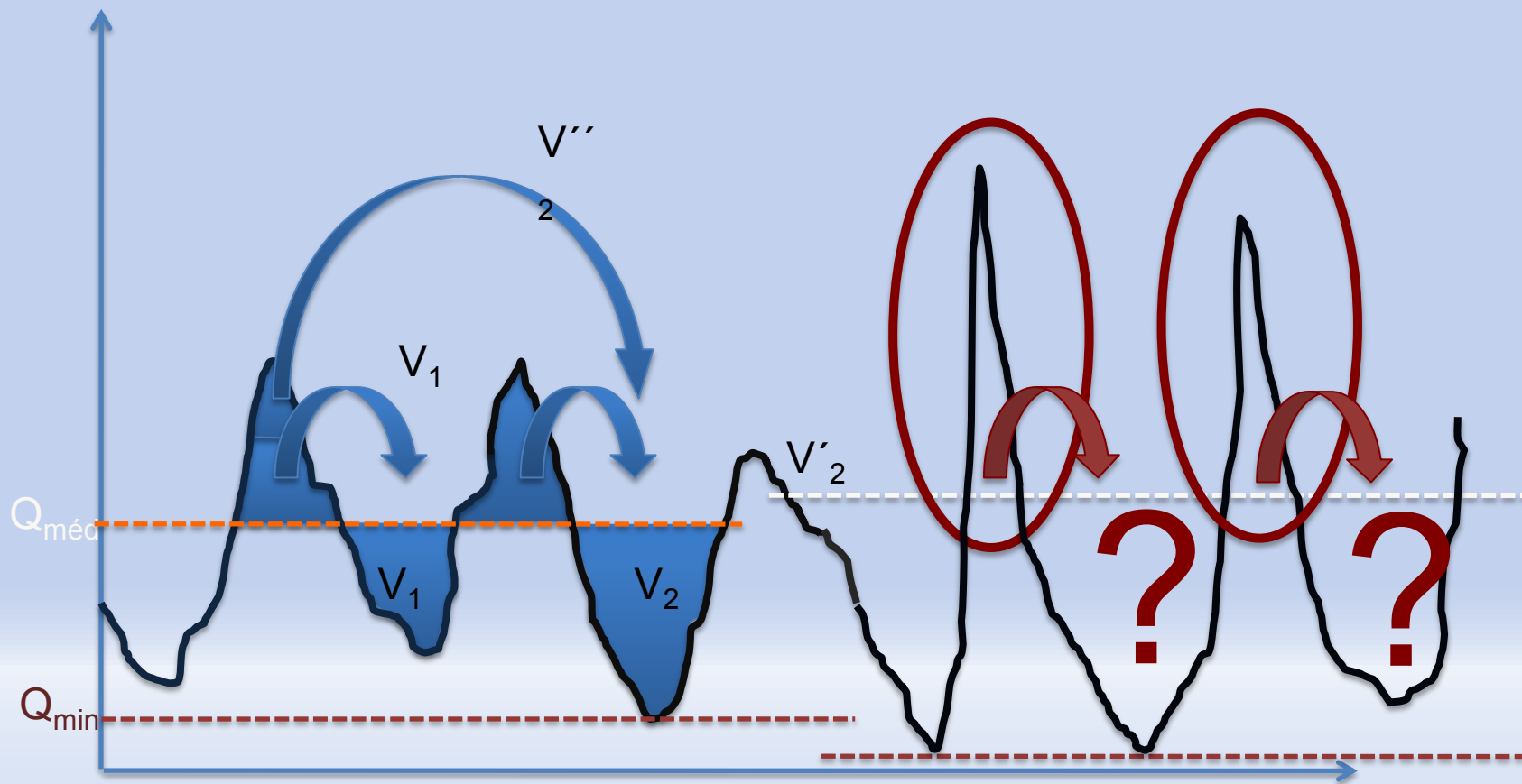


VALORES PROVÁVEIS DA PRECIPITAÇÃO ANUAL NA BACIA PCJ

Precipitação Provável Anual das Estações Analisadas



Regularização de Vazões

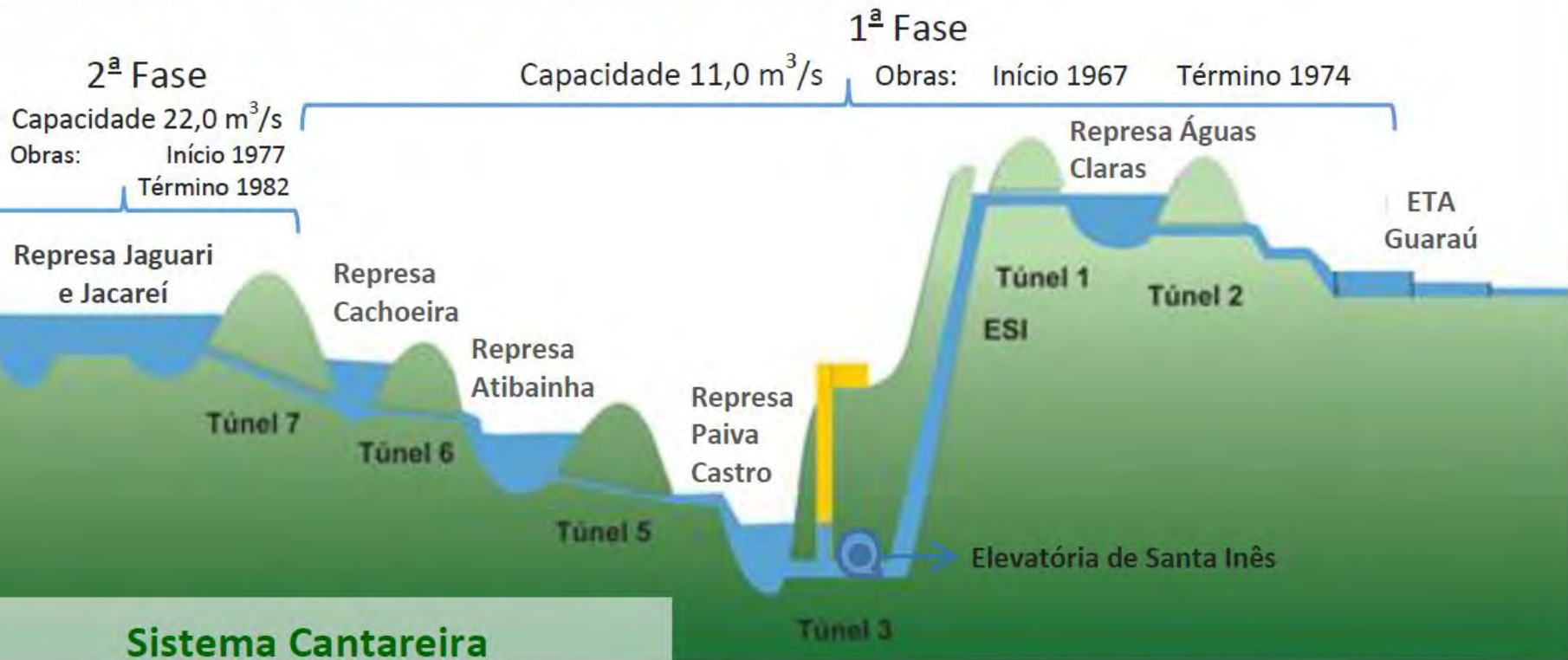


BACIAS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ



BACIAS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ

Sistema Cantareira



Sistema Cantareira

Capacidade total = $33 \text{ m}^3/\text{s}$

Concepção: DAEE, Projeto Juqueri, 1966,

Consolidado Plano HIBRACE, 1968



Modelo de Operação do Sistema Cantareira

- Operação integrada, sendo o conjunto de reservatórios como “Sistema Equivalente”

- **Alteração dos Volumes Úteis Operacionais:**

Até 2004, VU = 765,71 hm³

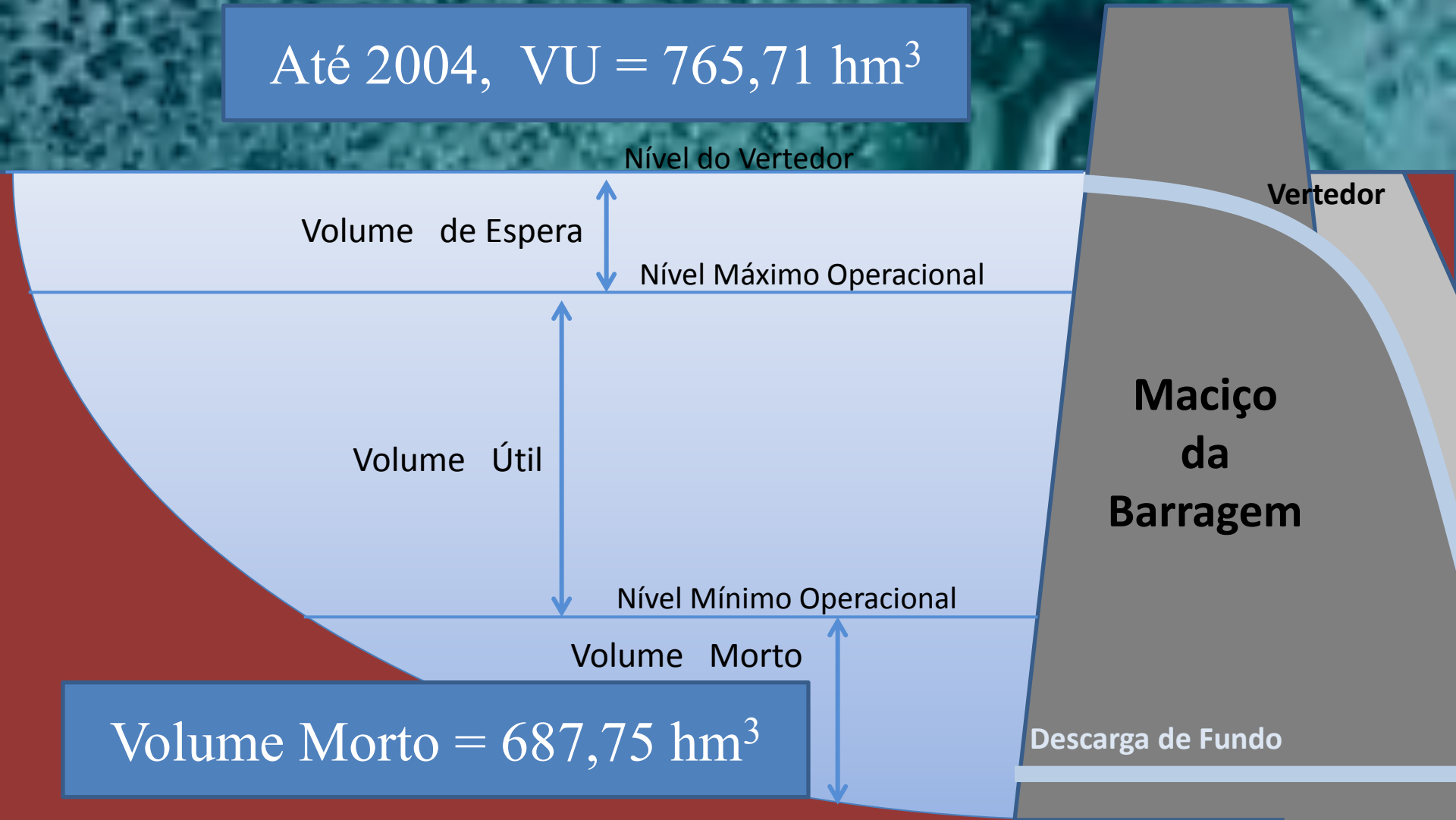
Até 2010, VU = 978,50 hm³

A partir de 2010, VU = 973,50 hm³

- Adoção da metodologia das Curvas de Aversão ao Risco (C.A.R) para o cenários mais crítico, ou seja, biênio 1953/1954;
- Fracionamento das vazões de retirada para RMSP e PCJ, segundo prioridade de uso;
- Adoção de mecanismos de Compensação – “Banco de Águas”

Volume Útil Até 2004

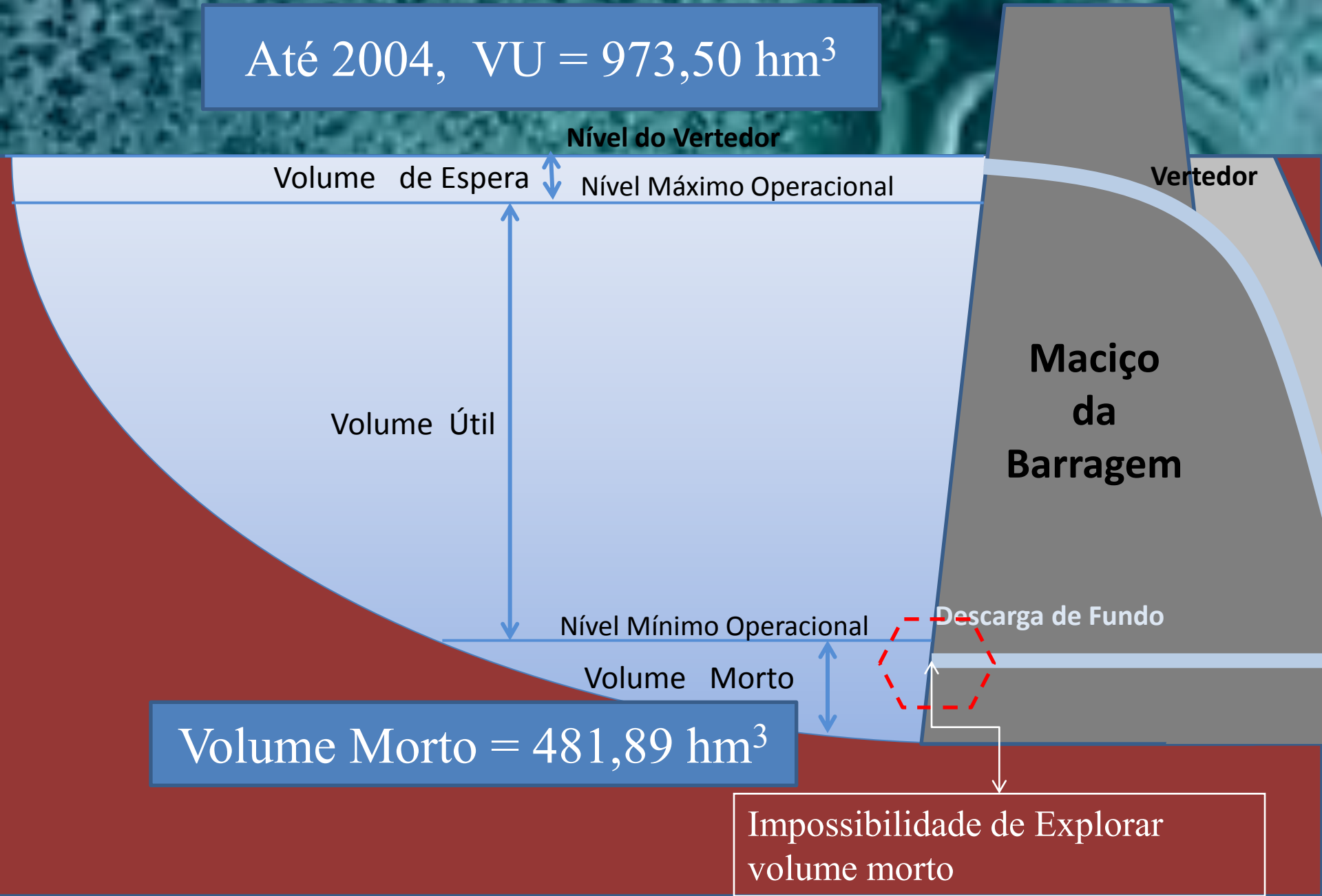
Até 2004, $VU = 765,71 \text{ hm}^3$



$\text{Volume Morto} = 687,75 \text{ hm}^3$

Volume Útil Vigente

Até 2004, $VU = 973,50 \text{ hm}^3$

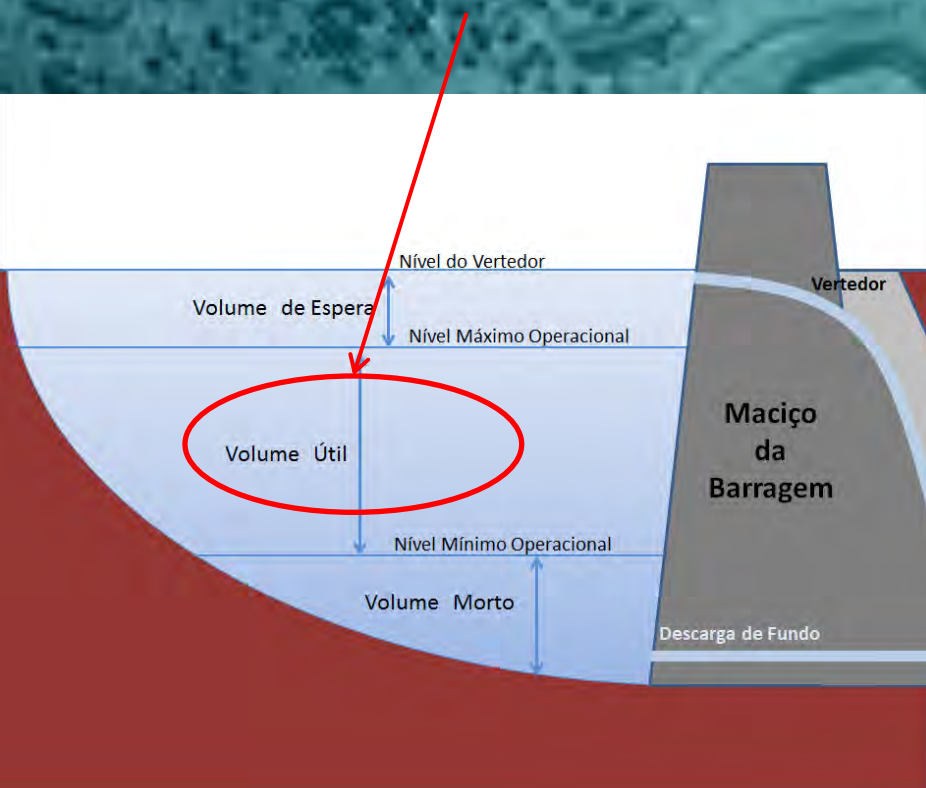


Volume Morto = $481,89 \text{ hm}^3$

Impossibilidade de Explorar volume morto

Alterando o Volume Útil

Aumenta o Volume Útil
Aumenta a Vazão



Diminui Volume
Aumenta o Risco



765,71 hm³



973,50 hm³

Regularização de Vazões

Prioridade		Demandas					
		RMSP		Bacia do rio Piracicaba		Total por prioridade	
		Vazão (m ³ /s)	%	Vazão (m ³ /s)	%	Vazão (m ³ /s)	%
1	Primária	24,8	89,2	3,0	10,8	27,8	100
2	Secundária	6,2	75,6	2,0	24,4	8,2	100
Total por usuário		31,0		5,0			
Vazão total de retirada do Sistema Equivalente						36,0	

Nota: vazões médias mensais

Capacidade de Regularização = **34,16 m³/s**

Valor obtido nos estudos contratados pelo Consórcio

PCJ



Regularização de Vazões

O limite de vazão de retirada será fracionado em duas parcelas, correspondentes, respectivamente, à região metropolitana de São Paulo e à Bacia do Rio Piracicaba obedecendo à seguinte ordem de prioridade:

Usuário	Limite de vazão de retirada (m ³ /s)	Prioridade
Região Metropolitana primária	26,4	1
Bacia do Piracicaba primária	3,0	1
Região Metropolitana secundária	6,6	2
Bacia do Piracicaba secundária	4,0	2
	= 40,0 m³/s	

No caso de não ser possível atender a soma dos valores com a mesma prioridade, o rateio será proporcional à participação de cada um no total referente à mesma prioridade.

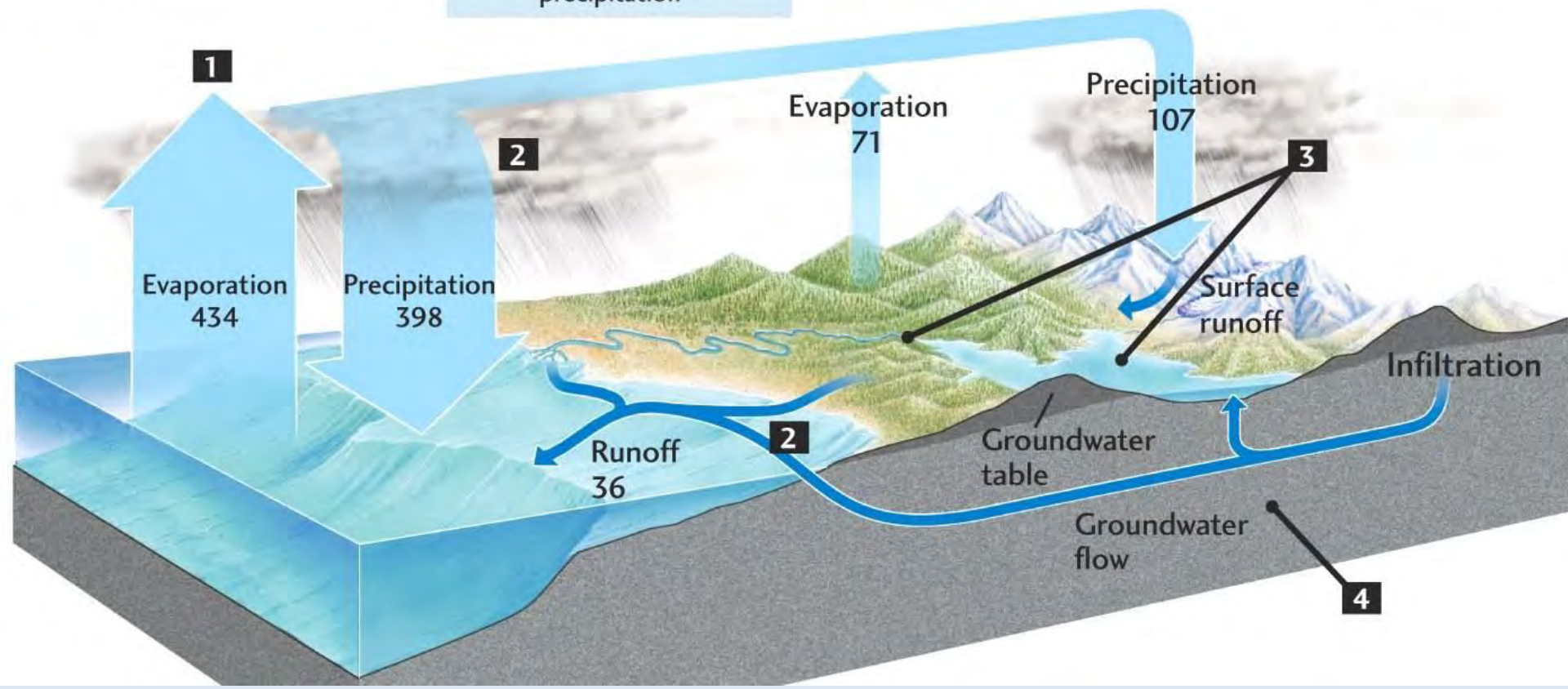
Ciclos

Ciclo Hidrológico

SEA
36 Runoff from land
+ 398 Precipitation over sea
<hr/>
434 Evaporation

SEA	LAND
434 Evaporation	107 Precipitation
- 398 Precipitation	- 71 Evaporation
<hr/>	<hr/>
36 Excess to land via precipitation	36 Runoff to ocean

LAND
107 Precipitation
- 36 Runoff to ocean
<hr/>
71 Evaporation





O Sol

Em média, nosso planeta recebe o equivalente a 1400 W por m²/s do Sol;

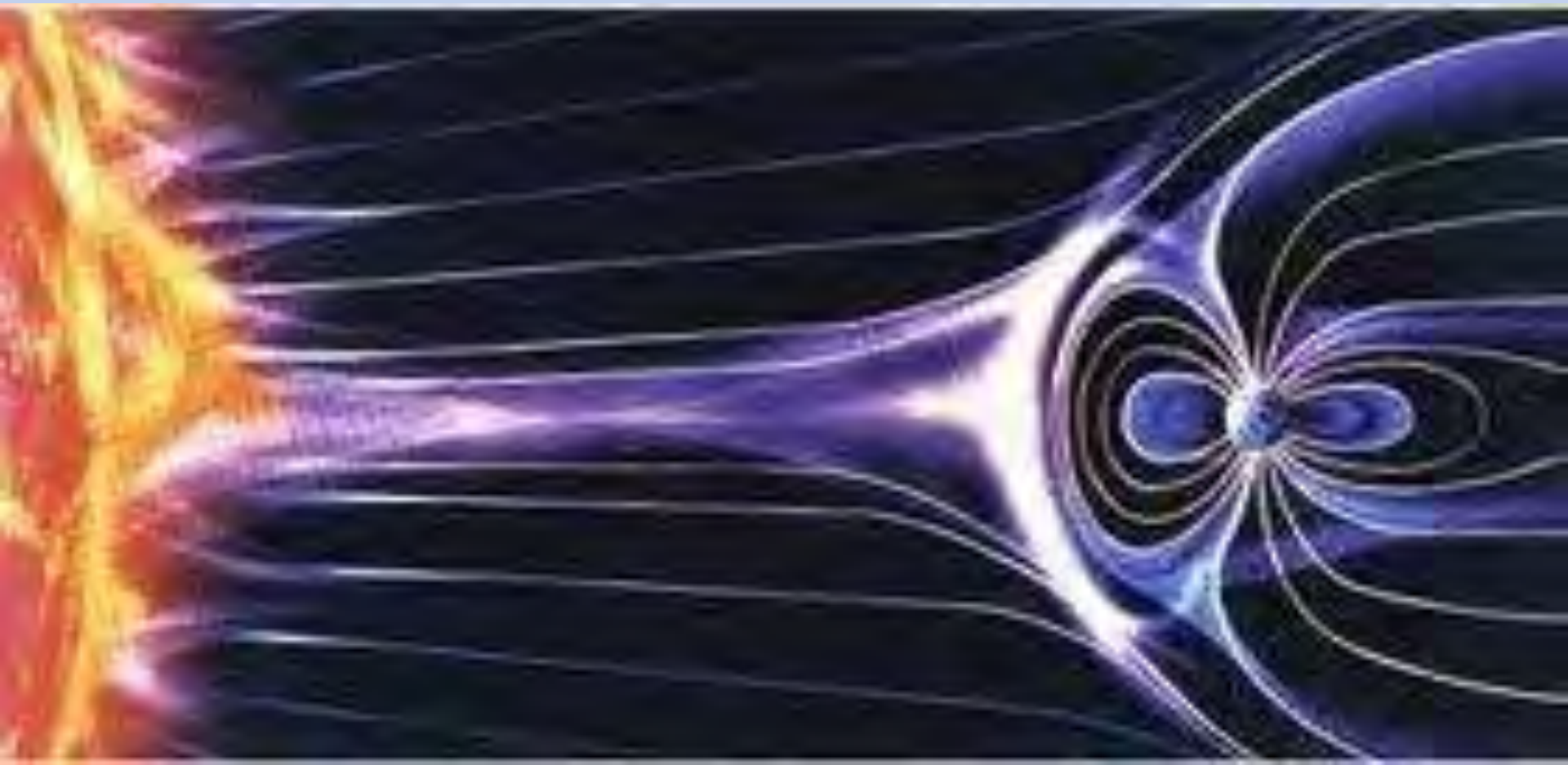
Equivale ao poder energético de 9x10²⁰ l/min de gasolina consumidos;

Ou a 10 milhões de vezes a produção anual de petróleo da Terra;

O equivalente à energia produzida por 10 bilhões de Itaipús.

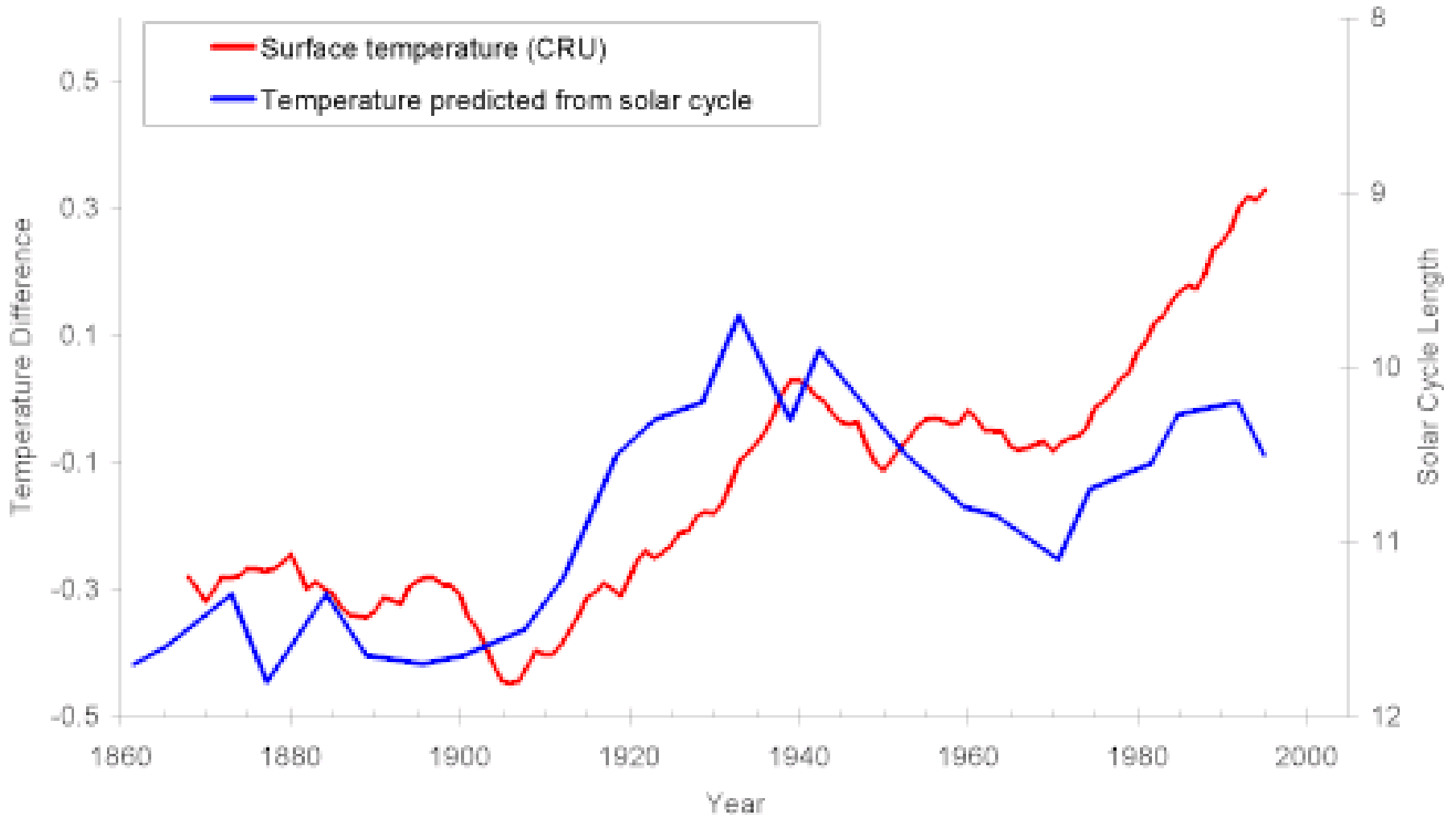
O Sol

A emissão de $1440 \text{ W/m}^2/\text{s}$ é apenas uma média.

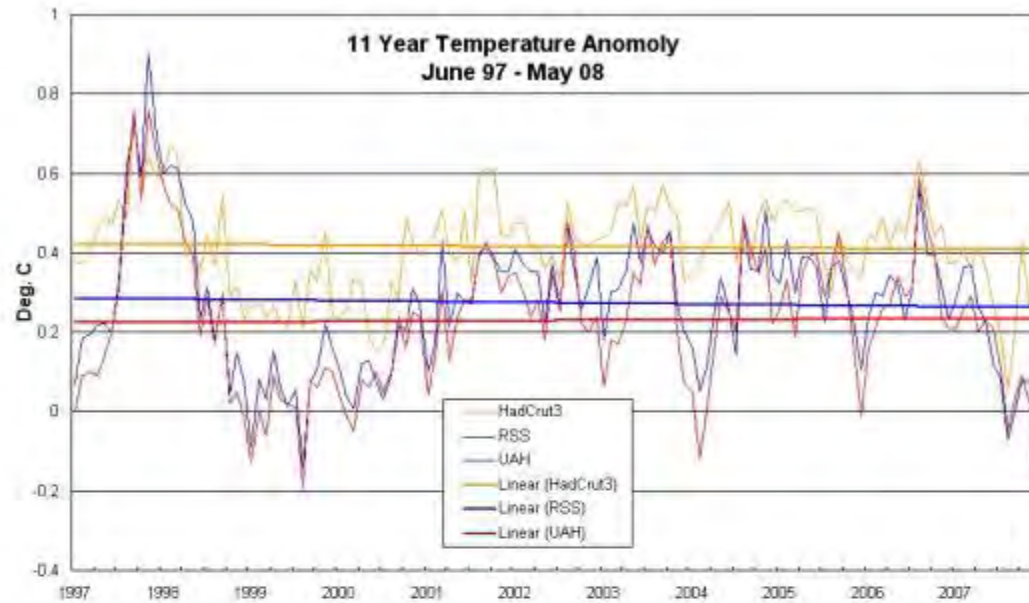


Os Ciclos Solares

Surface temperatures versus Solar Cycle Length

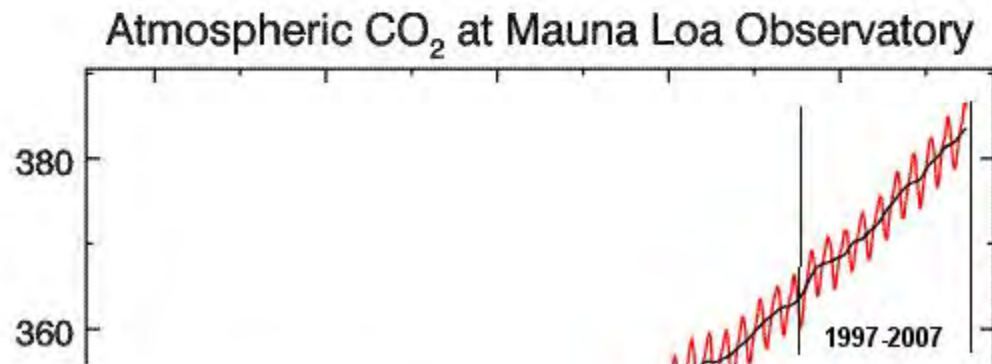


16 anos de anomalia!!!



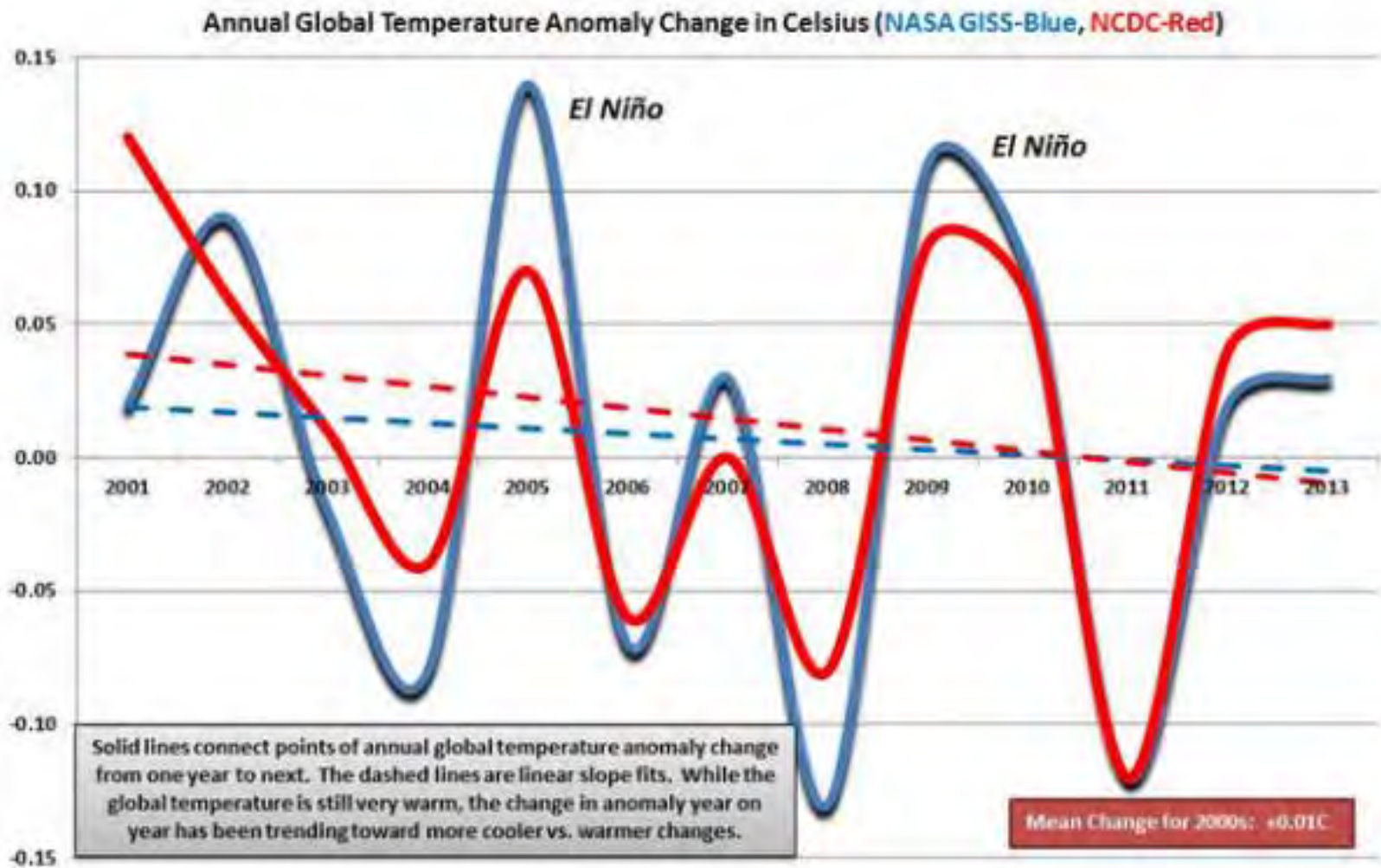
Click for a larger image

Even with the warm spike 1998 El Nino year included, the flatness of the 3 metrics used to track global temperature is telling especially when compared to the Keeling CO₂ curve for the same 11 year period:



Here is the entire CO₂ record:

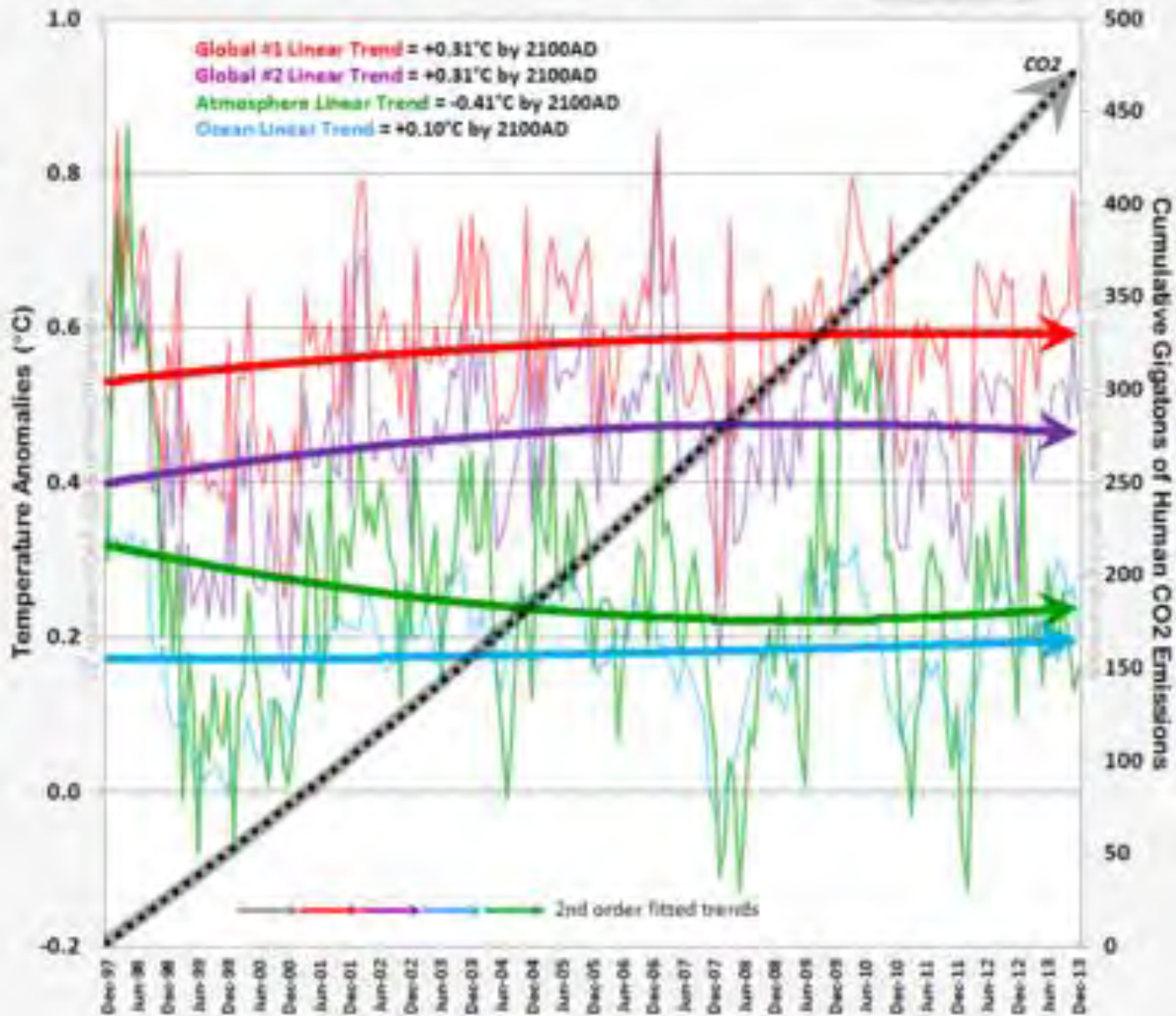
16 anos de anomalia!!!



16 anos de anomalia!!!

Since 1997 Global Warming Disappears, Everywhere

Huge amounts of human CO2 emissions fail to warm up atmosphere, oceans & globe



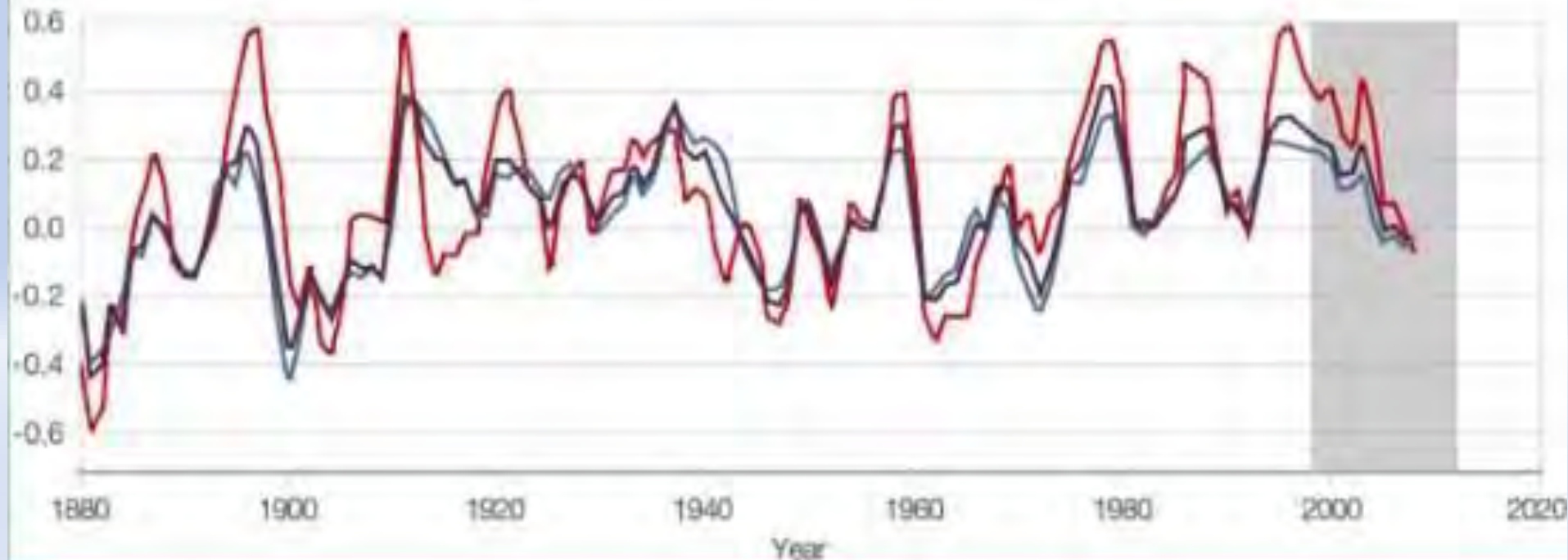
16 anos de anomalia !?!?!?

Pause in global warming

Running nine-year trends in surface warming and upper ocean heat uptake. The recent slowdown in global warming is highlighted by the grey shading.

Trend (°C decade)

— Land only — Ocean only — Land and ocean



Aquecimiento Global



PLANETARIA

**EL MÍNIMO SOLAR DE GLEISSBERG PODRÍA
AFECTAR AL “CALENTAMIENTO GLOBAL”
¿Se acercan tiempos de frío o de calor?**

MIGUEL GUERRERO

Coordinador de la sección de Cielo Profundo

Guerero_fran@ono.com

<http://www.rupestreguerrero.com>

Actualmente (2009) casi todo el mundo ha oído hablar del “Cambio Climático”, pero es posible que el dióxido de carbono no sea nuestra mayor amenaza si la comparamos con el creciente envenenamiento de las aguas, de la tierra y del aire con sustancias extrañas para los seres vivos.

Os Ciclos Solares

O Sol tem quatro tipos de atividades que são mais ou menos importantes, dependendo da duração desta atividade.

Estas variações na atividade solar foram estudadas por meio da análise do carbono 14.

O CICLO de SCHWABE (Heinrich Schwabe 1789-1875)
– Observou a aparição das manchas solares. Ciclo de 11 anos.

No mínimo de SCHWABE a Terra recebe menos ultravioleta que leva a criar menos ozônio na estratosfera, enquanto que em seu máximo aumenta-se de 1 a 2% a concentração de ozônio.

Os Ciclos Solares

O CICLO de HALLSTATTZEIT. Também obtido com análise de C14.

Este ciclo tem um período de 2.300 anos e o máximo deveria ser alcançado no ano de 2.800 e seu próximo mínimo entorno do ano 3.950.

Terra



Os Ciclos Solares

O CICLO de SUESS. Também obtido com análise do C14. Mostra uma periodicidade de uns 150 ~ 200 anos.

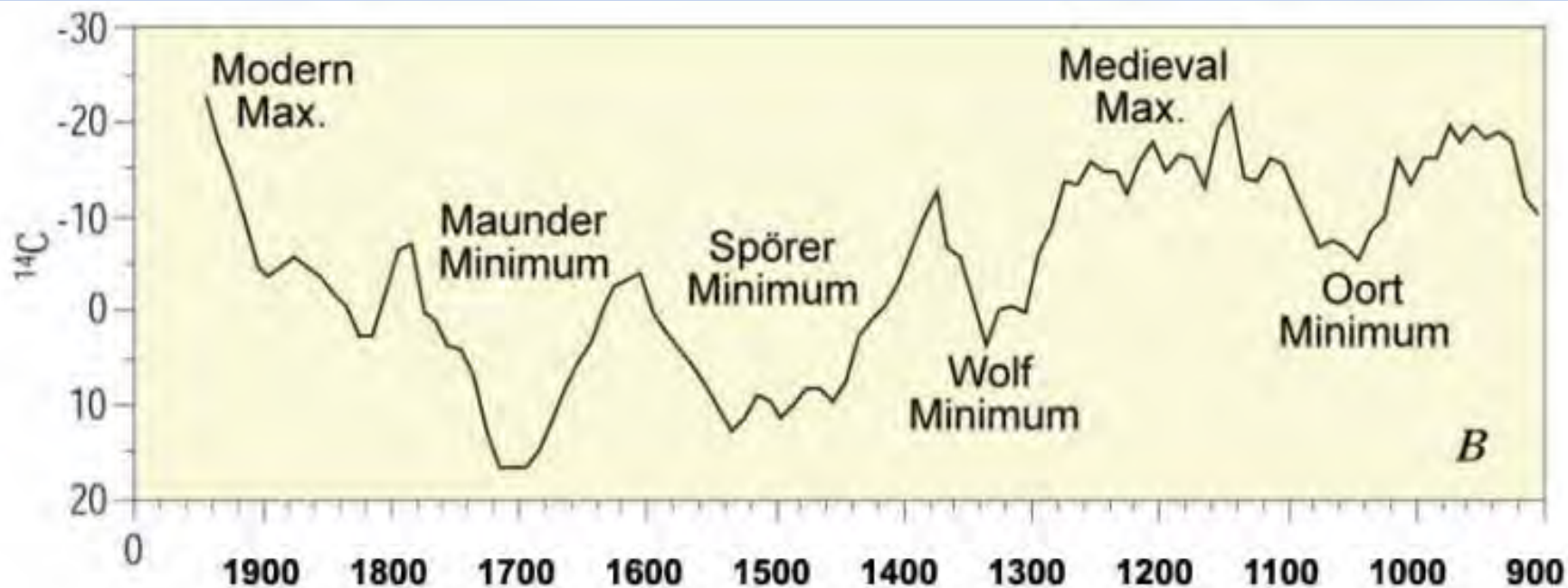


Fig.5. MÍNIMOS DURANTE EL ÚLTIMO MILENIO.

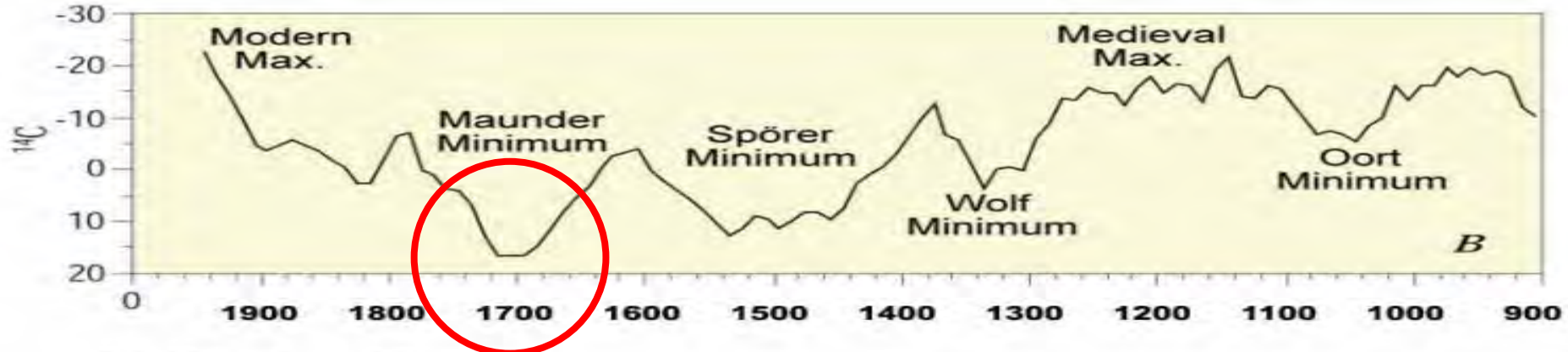


FIG.5. MÍNIMOS DURANTE EL ÚLTIMO MILENIO.



Os Ciclos Solares

O CICLO de GLEISSBERG. Este ciclo tem a duração de 70 a 100 anos e foi descoberto em 1958 por Gleissberg, e tem efeito sobre a amplitude do ciclo de Schwabe, de (8x11) anos.

O máximo de Gleissberg ocorrido em 1984 foi o primeiro de uma grande sequência de máximos relacionados com as fases zero do ciclo de 166 anos.

Quase todos os mínimos de Gleissberg depois do ano 300 DC, como por exemplo 1670, 1810 e 1895, coincidem com climas muito frios no hemisfério Norte, enquanto que os máximos de Gleissberg ocorrem com climas mais quentes, como por exemplo para 1130 (Ótimo climático medieval).

Ciclo de GLEISSBERG

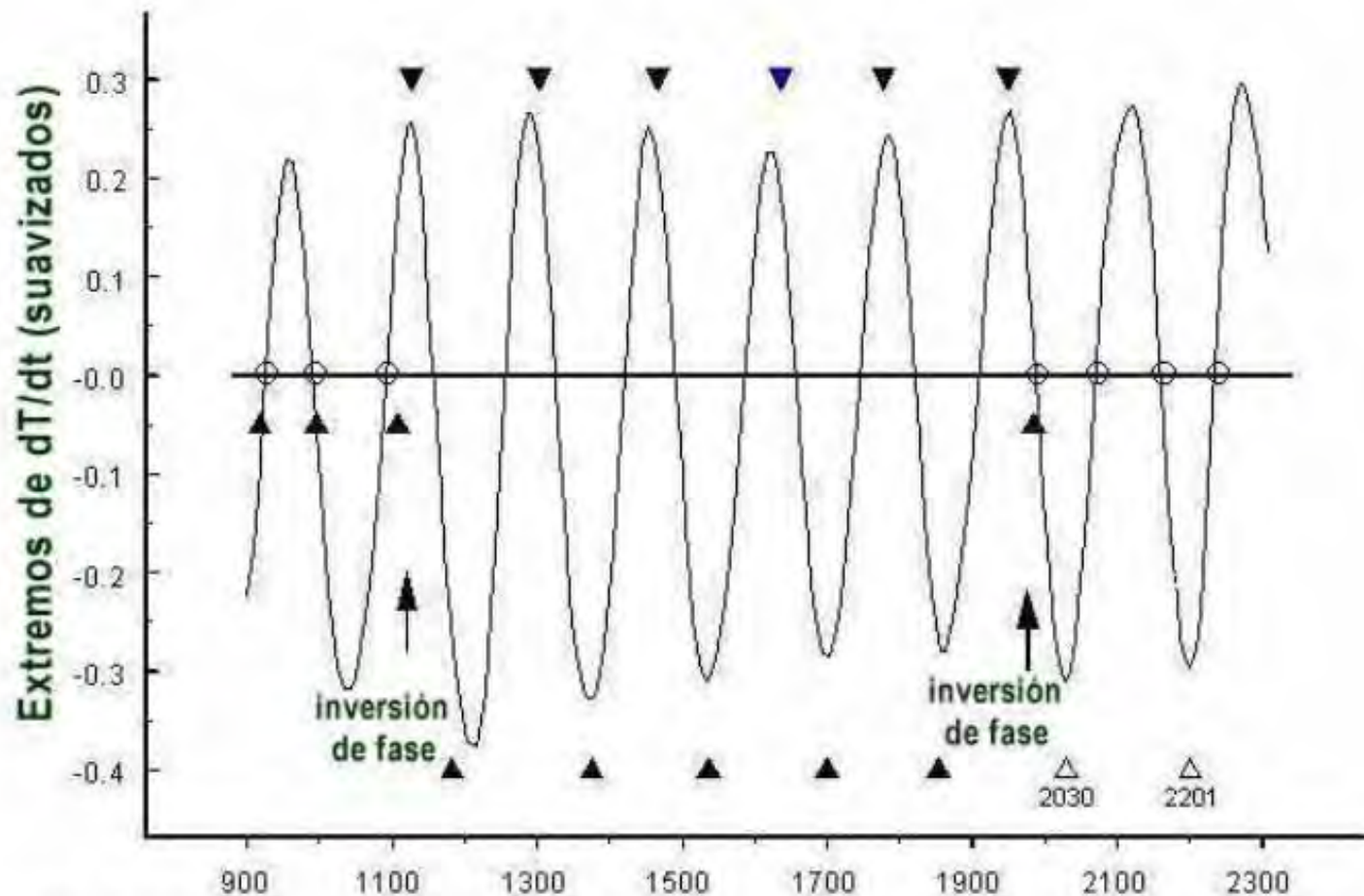
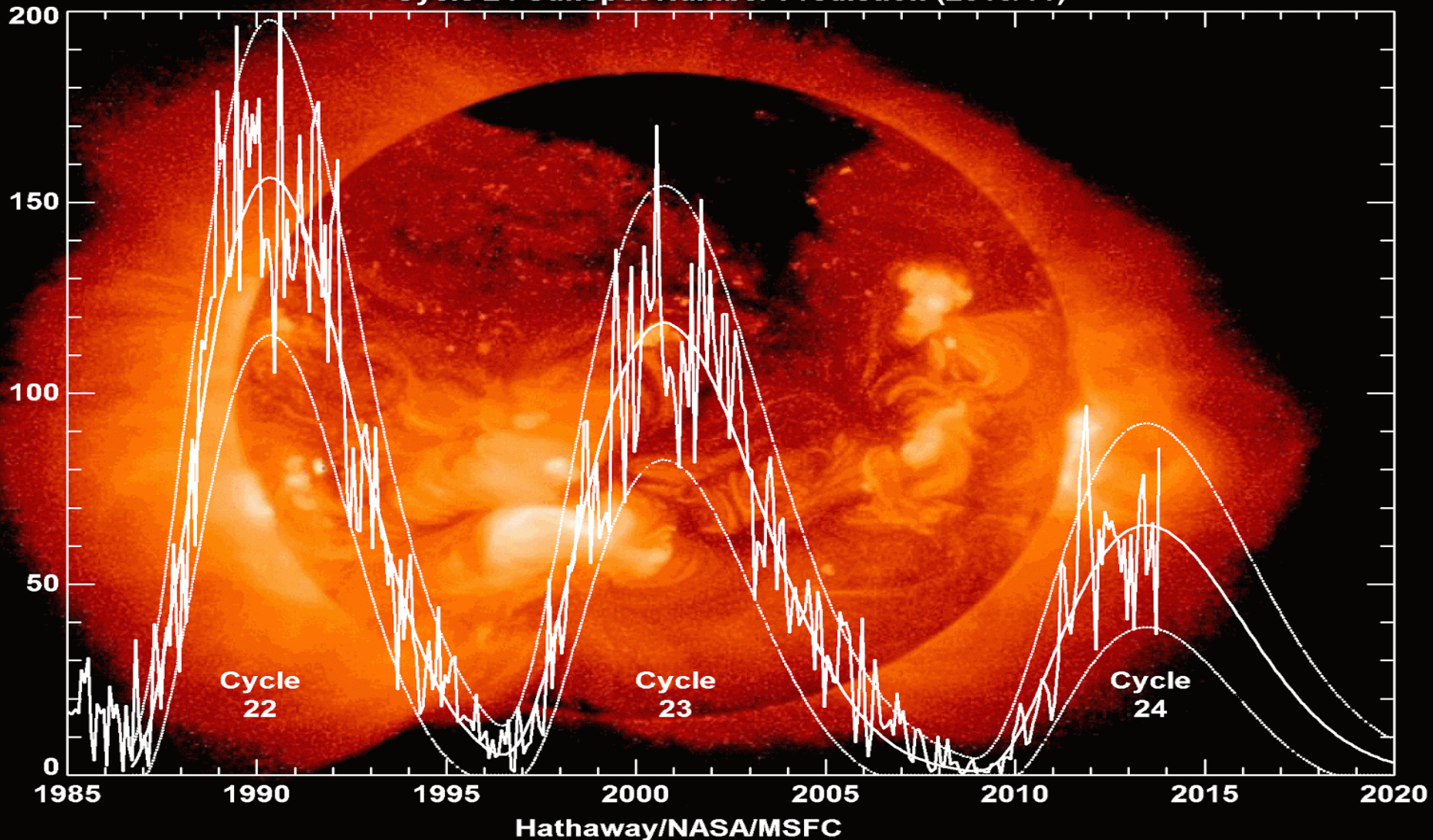


Fig 6. Ciclos de Gleissberg. El cambio de fase hacia 1976 invirtió el patrón creado por la inversión de fase del 1120. El máximo Gleissberg de 1984 es el primero de una larga secuencia de máximas que van junto a fases cero en el ciclo de 166 años. Los próximos máximos deberían ocurrir para el 2069, 2159, y 2235. Después de 1976, los mínimos Gleissberg irán nuevamente junto a los extremos en el ciclo de 166 años. El próximo mínimo secular, indicado por un triángulo vacío, es esperado para el 2030.

Os Ciclos Solares

Cycle 24 Sunspot Number Prediction (2013/11)



Índice de Severidade de Secas

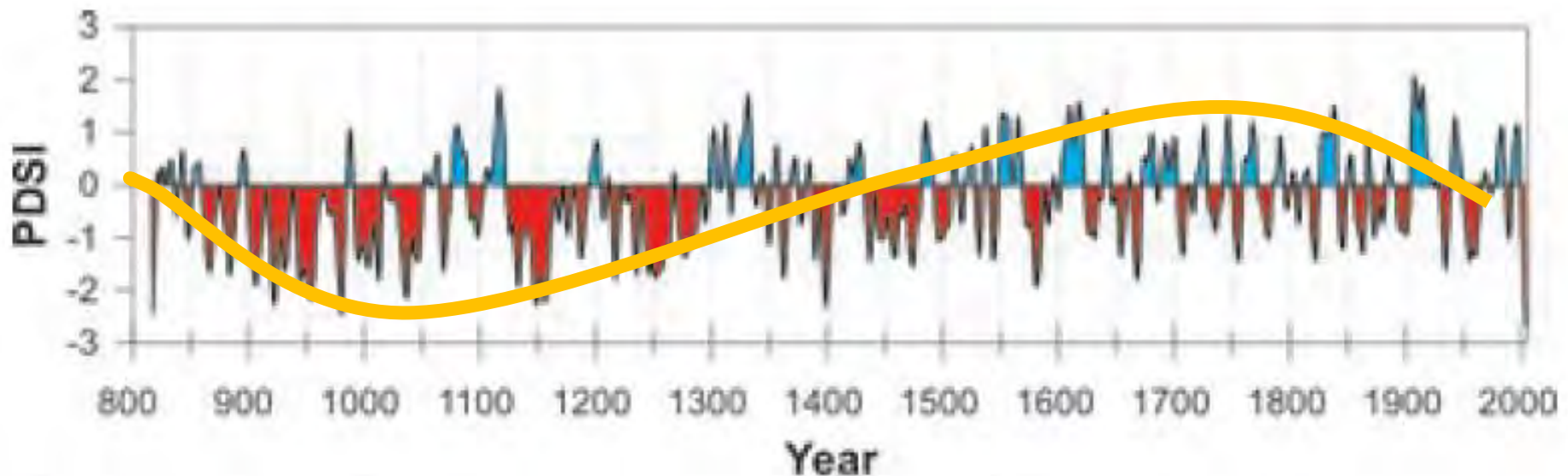
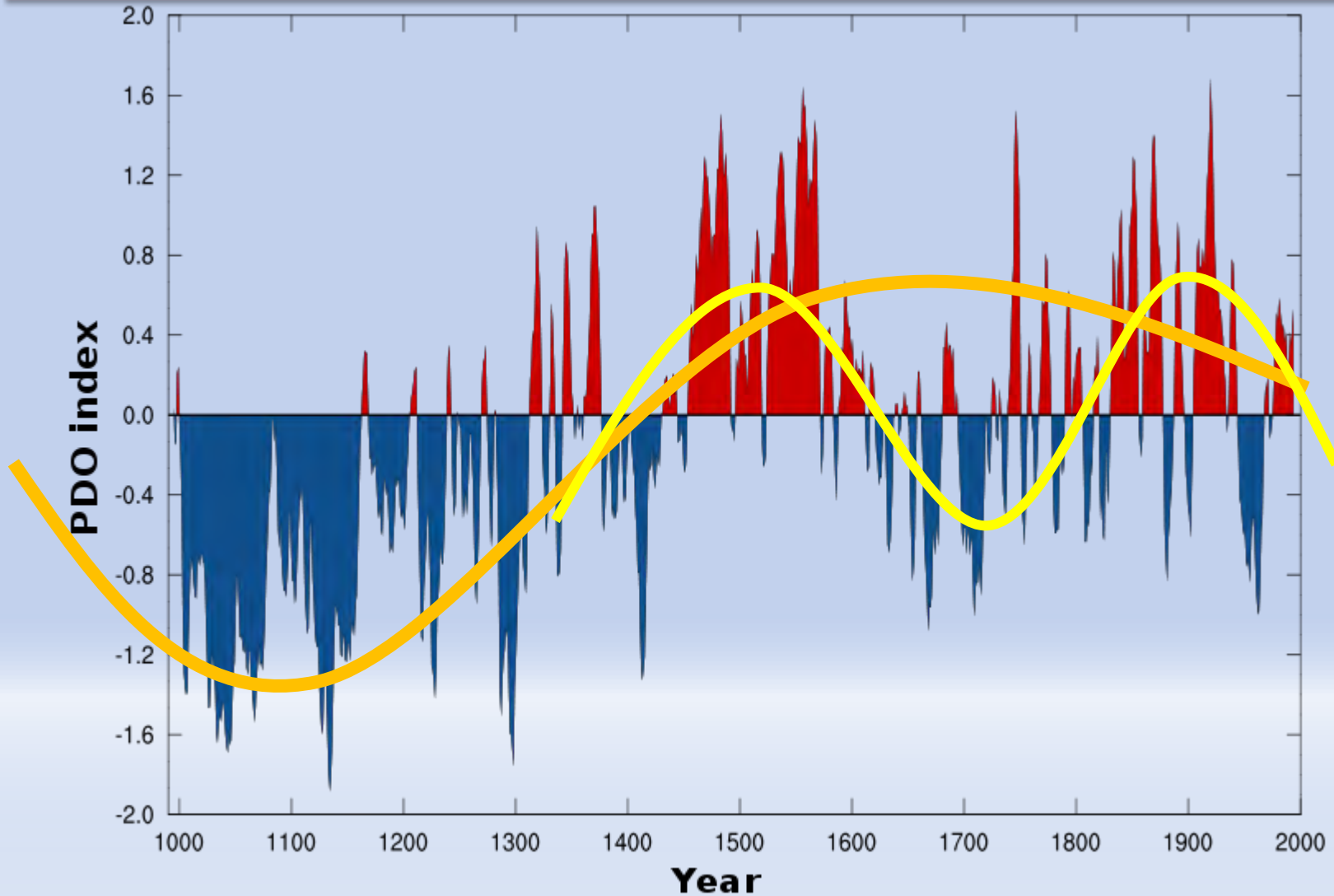


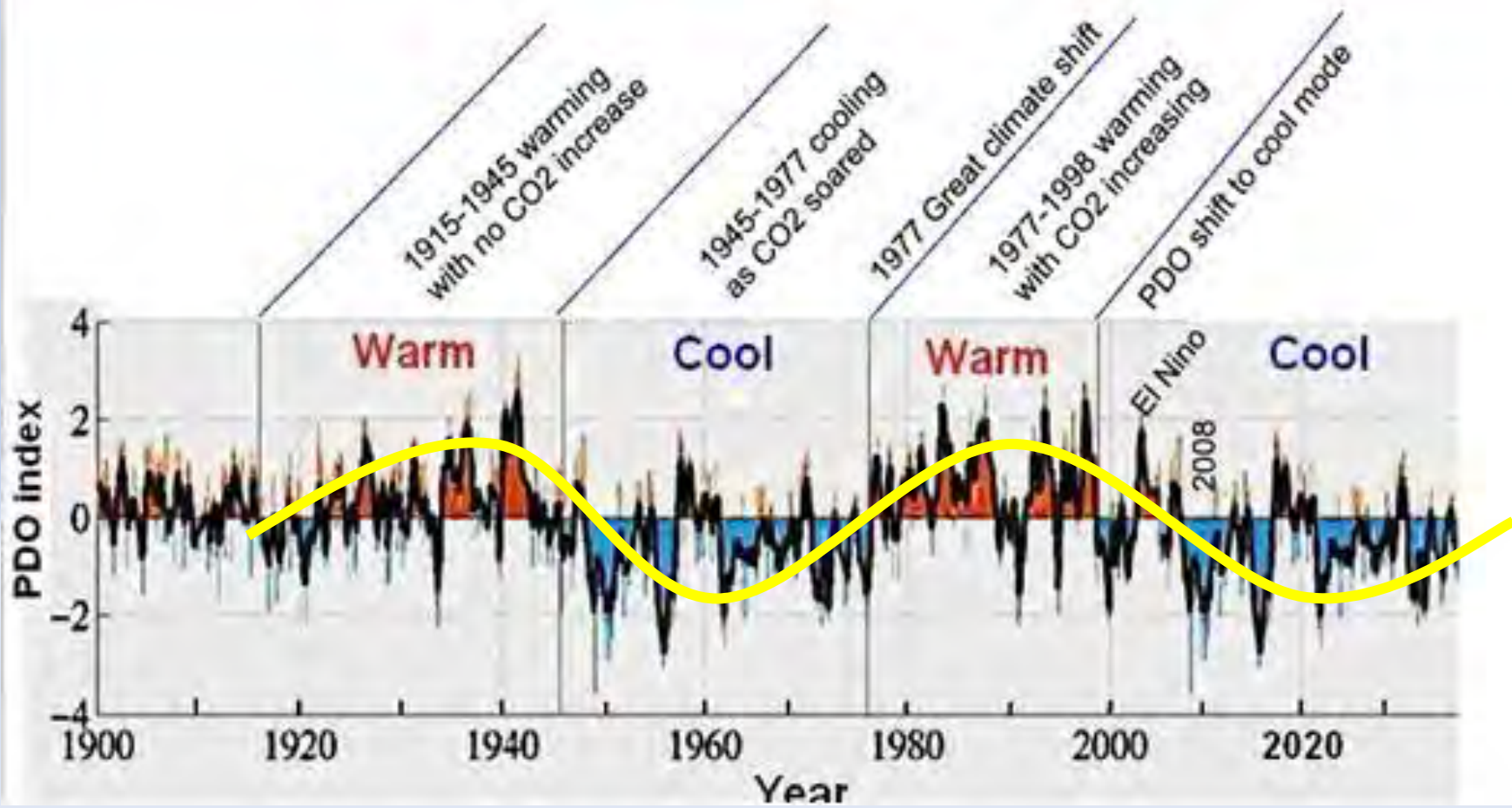
Figure: The 1,200 year long reconstructed history of Palmer Drought Severity Index values for the western United States. Negative values indicate dry conditions, positive values indicate wet conditions (from Woodhouse et al., 2005).

Oscilação Decadal do Pacífico



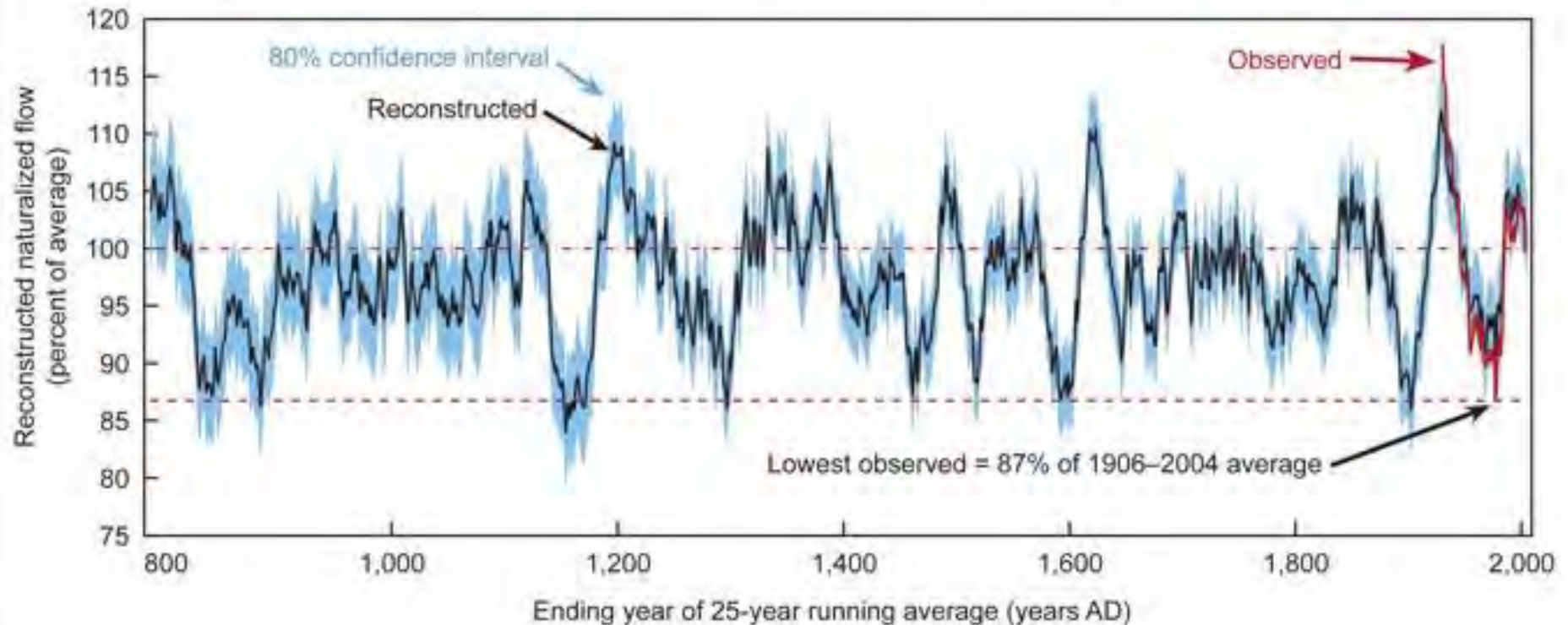
Oscilação Decadal do Pacífico

Past and predicted PDO



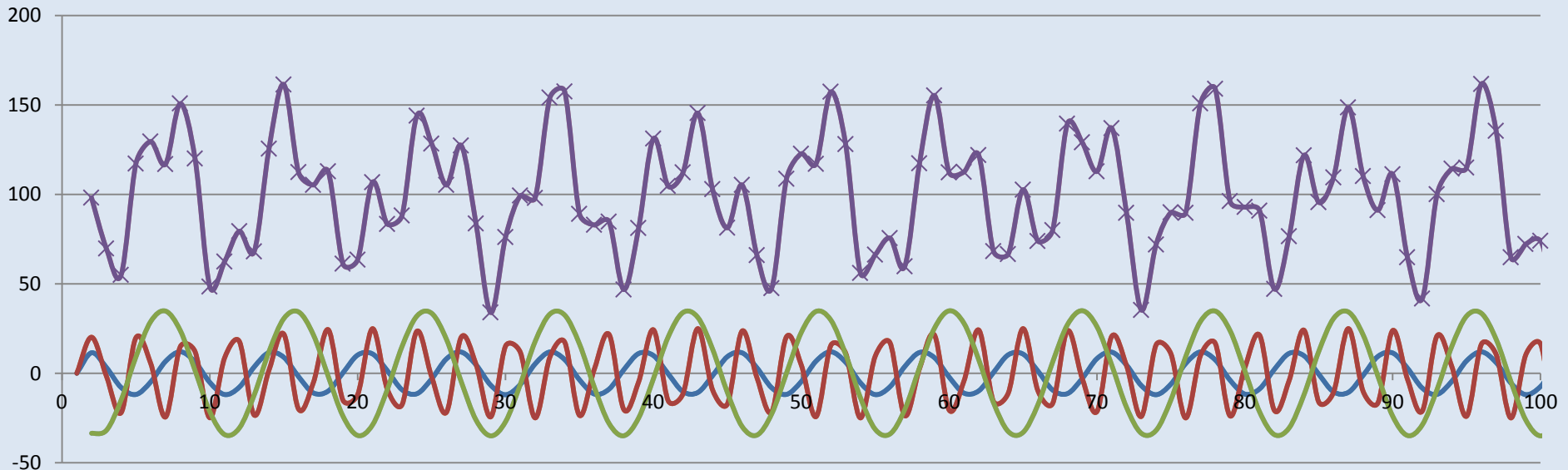
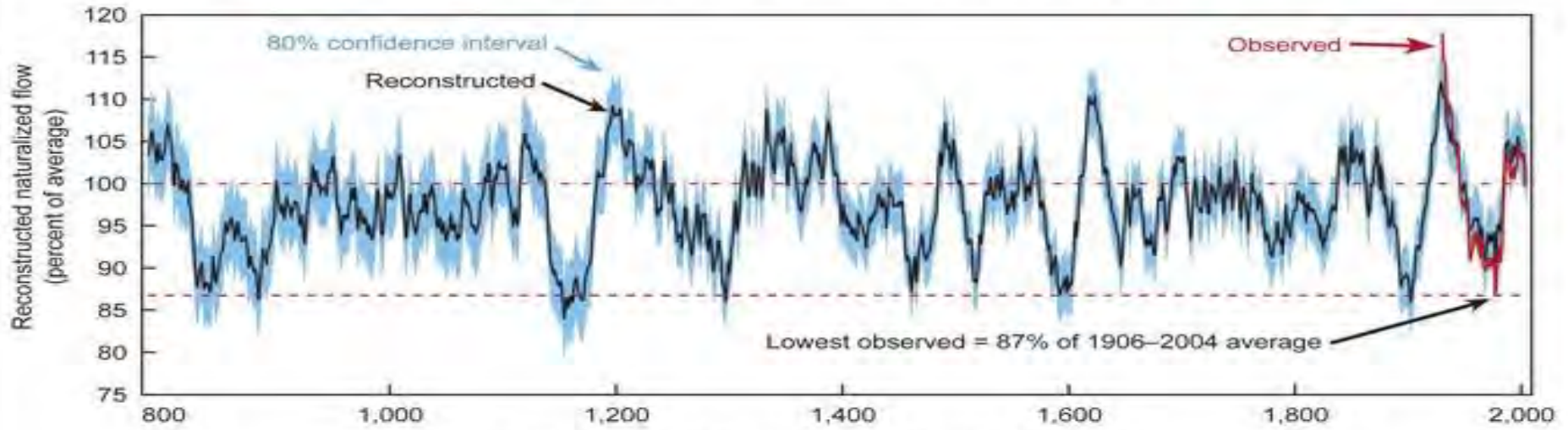
Série Histórica de Vazões

Reconstructed Naturalized Colorado River Flow at Lees Ferry Near Page, Arizona



Série Histórica de Vazões

Reconstructed Naturalized Colorado River Flow at Lees Ferry Near Page, Arizona

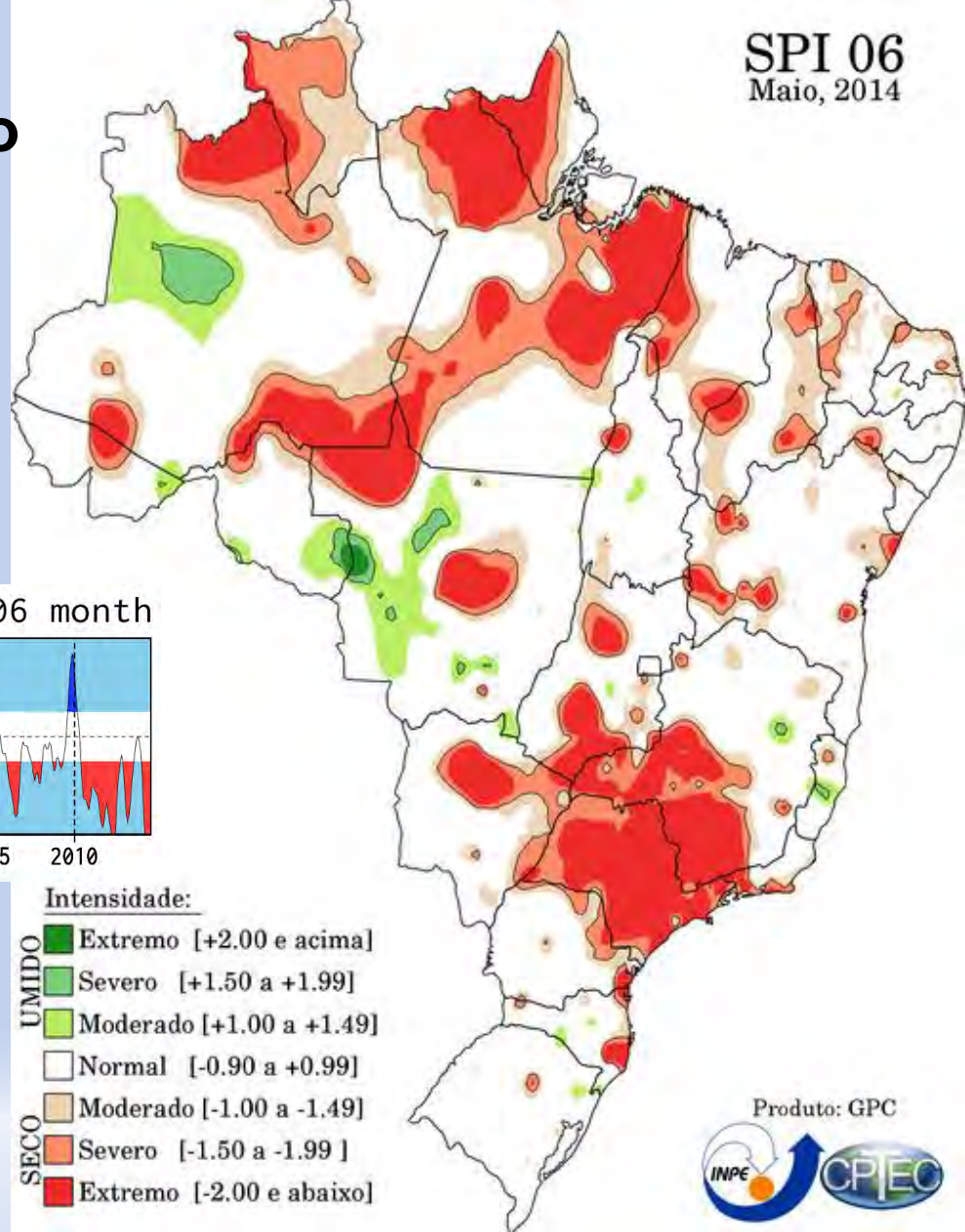


O que devemos esperar para o próximo período chuvoso

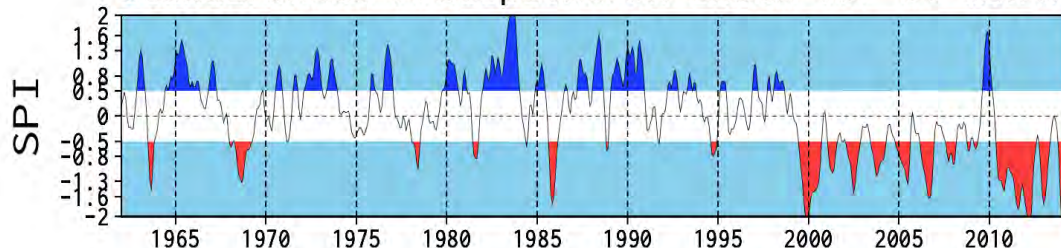
?????

Índice de Precipitação Padronizado

SPI 06
Maio, 2014

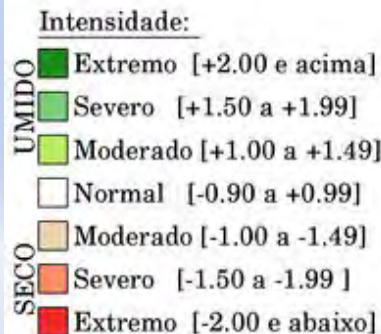
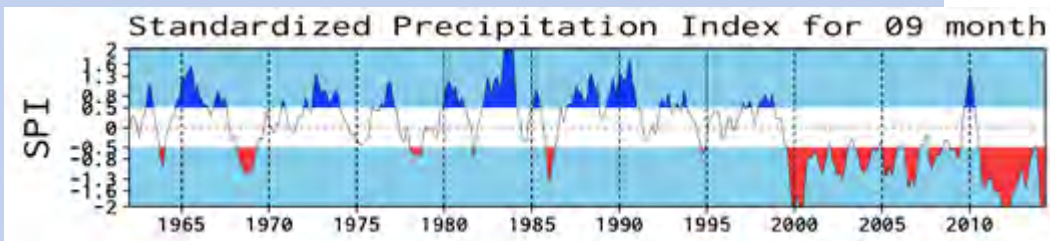
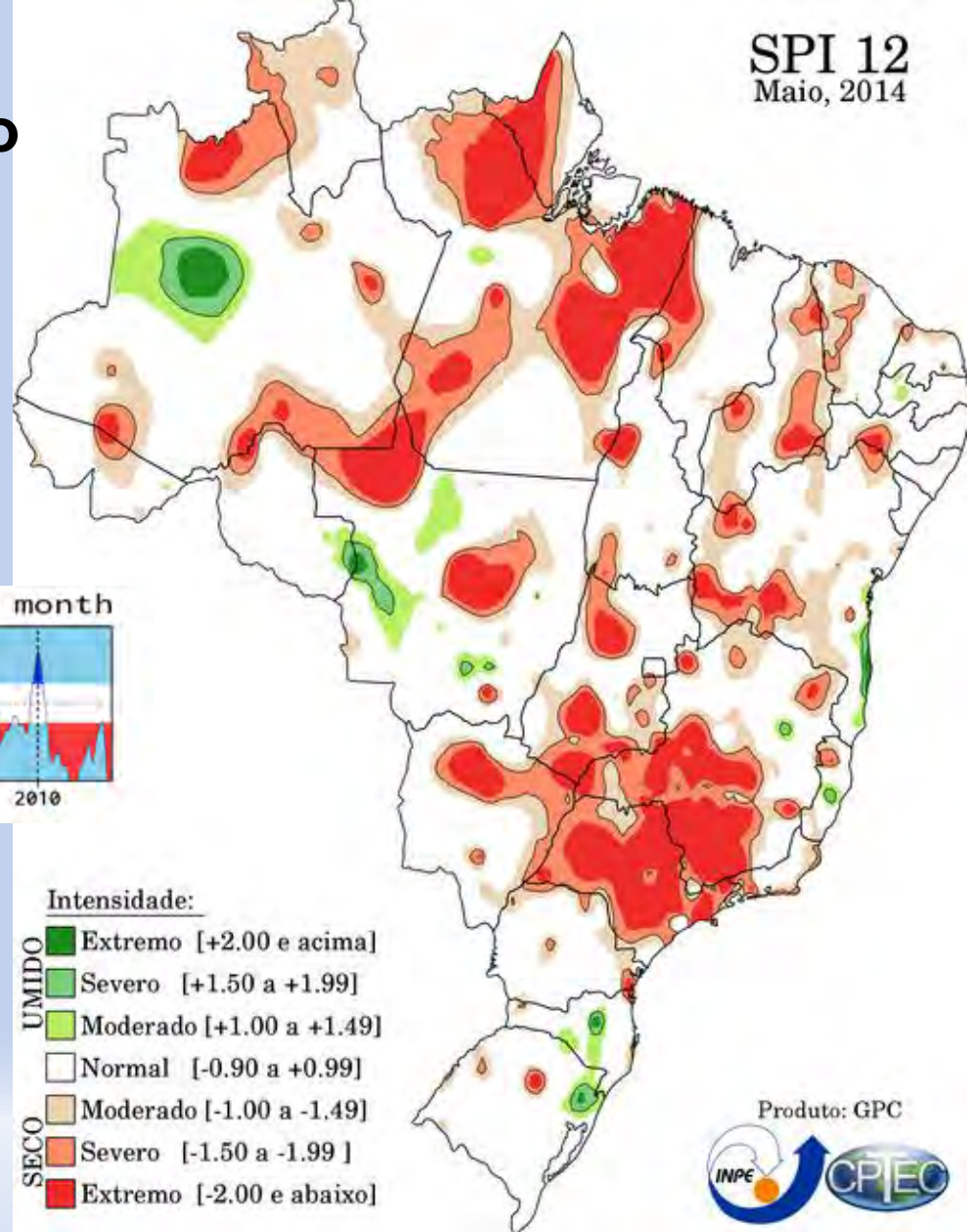


Standardized Precipitation Index for 06 month



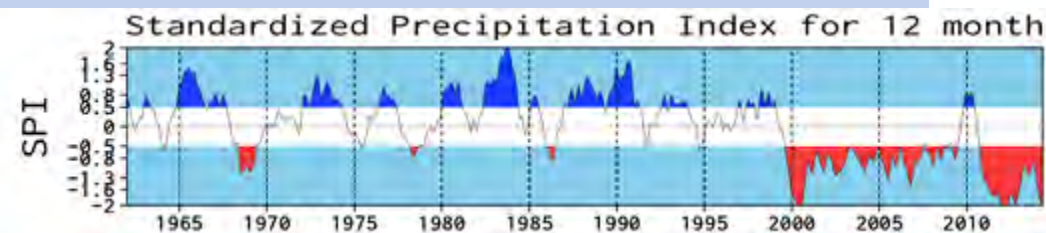
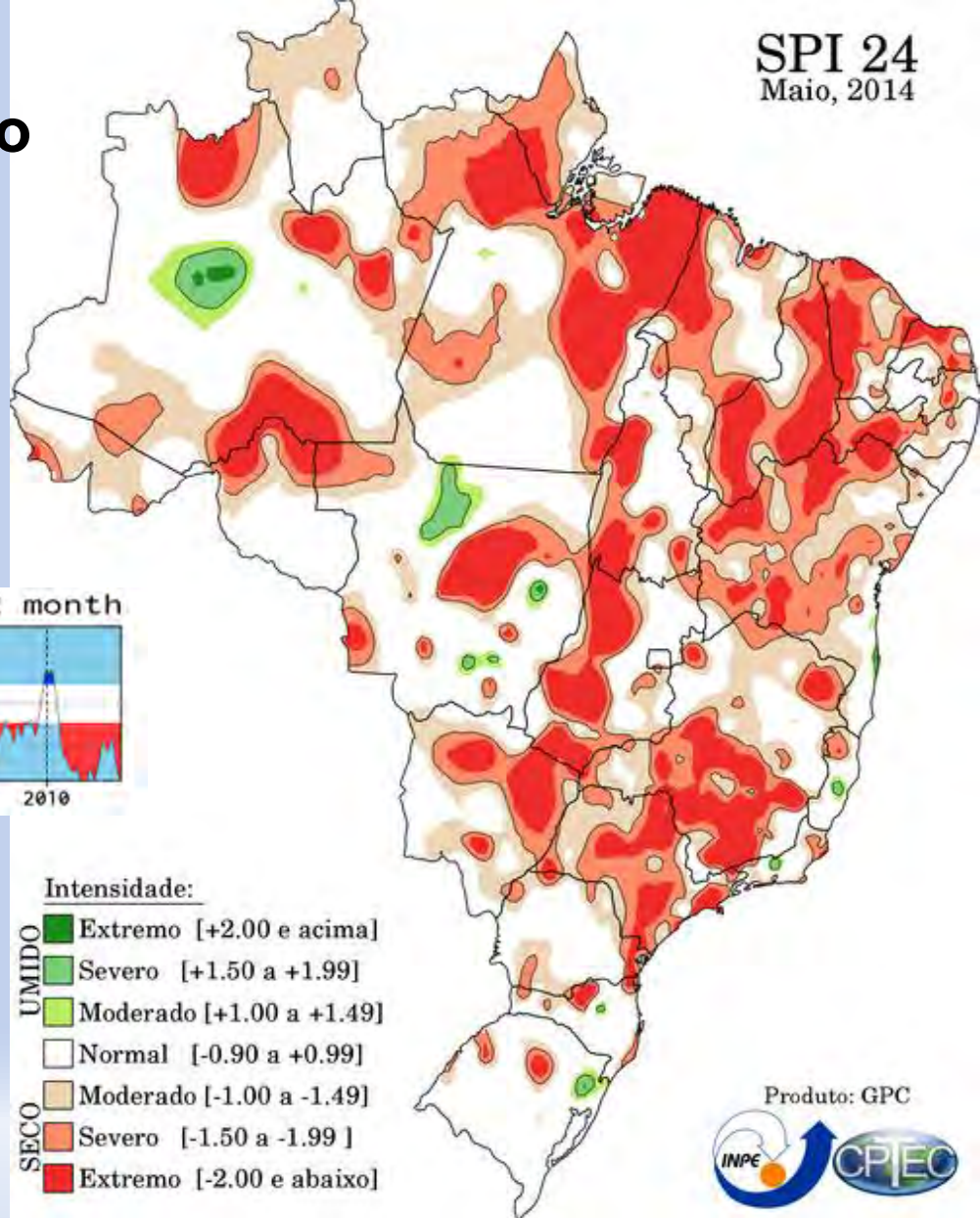
Índice de Precipitação Padronizado

SPI 12
Maio, 2014



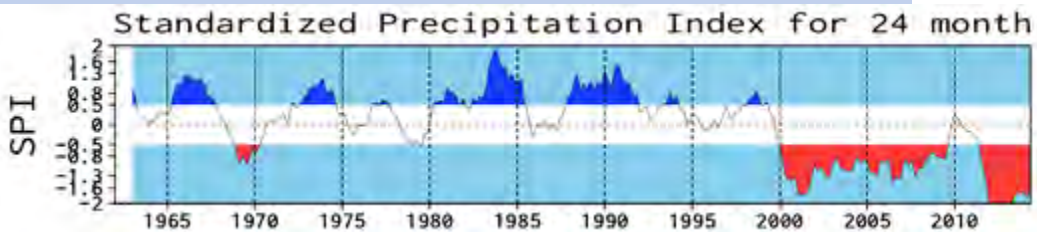
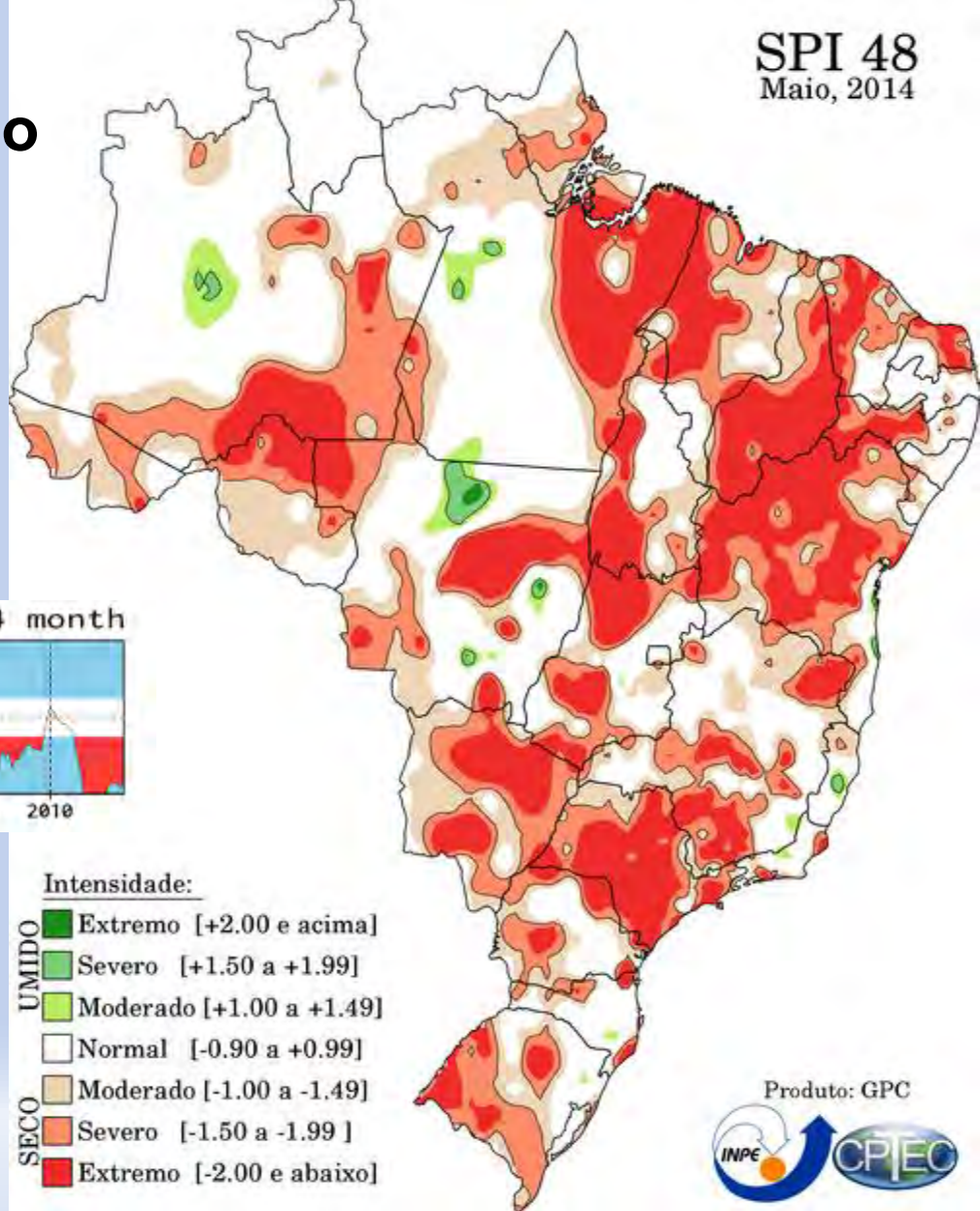
Índice de Precipitação Padronizado

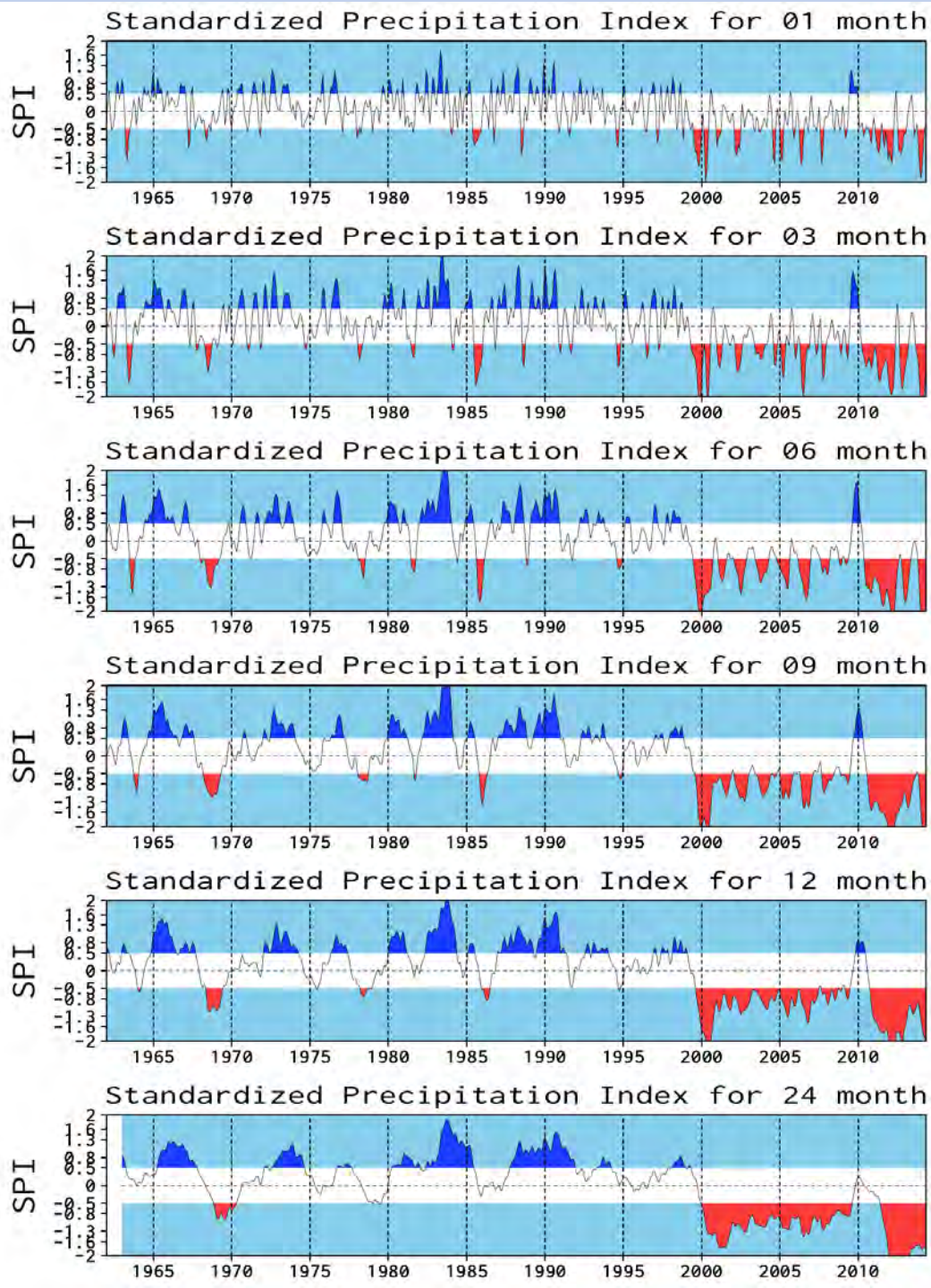
SPI 24
Maio, 2014



Índice de Precipitação Padronizado

SPI 48
Maio, 2014

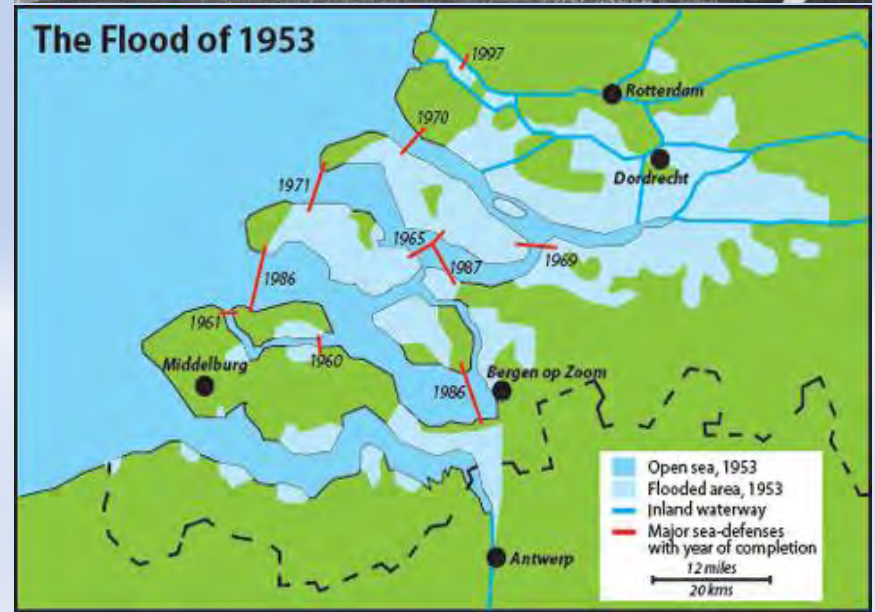




1953 Brasil e Europa



Diário da Noite 24 de março de 1953 -
Invasão de flagelados da seca no
comércio de Surubim.



1953 Brasil e Europa

O Estado de S.Paulo - 27/11/1953

Mudanças climáticas ameaçam a produção de café do Brasil

O relatório da "Cambuhy Coffee and Cotton Estates" afirma que também a nossa produção de algodão se encontra em perigo

LONDRES, 26 (UP) — Uma alteração radical no clima ameaça a supremacia mundial que o Brasil mantém na produção do café. Assim o advertiram os diretores da "Cambuhy Coffee and Cotton Estates", em seu 28.º informe anual.

No transcurso dos últimos 25 anos, a queda média de chuva diminuiu bastante no sul do Brasil. No rico Estado de São Paulo, a seca aumentou de modo alarmante, desde 1940. Acrescenta o informe que as duas explicações sobre a diminuição das chuvas no sul do Brasil são a derrubada das matas e um simples ciclo climati-

"Cambuhy Coffee and Cotton Estates" sobre a ameaça que paira sobre a nossa economia cafeeira mercê da modificação de clima, merecem a maior atenção, visto que se trata do resultado de pesquisas feitas, durante décadas, por técnicos de reconhecida capacidade e exemplar consciência profissional.

Quanto ao pessimismo relativo às perspectivas algodoeiras, temos de discordar dessa apreciação. Entretanto, é de se crer que as observações a propósito tenham sido redigidas antes da modificação da política cambial ocorrido no dia 9 de outubro passado.

"(...)No transcurso dos últimos 25 anos, a queda média de chuva diminuiu bastante no sul do Brasil. No rico Estado de São Paulo a seca aumentou de modo alarmante, desde 1940. Acrescenta o informe que as duas explicações sobre a diminuição das chuvas no sul do Brasil são a derrubada das matas e um simples ciclo climático(...)"

2014 Brasil – SE / CO / NE



2014 Brasil – SE / CO / NE



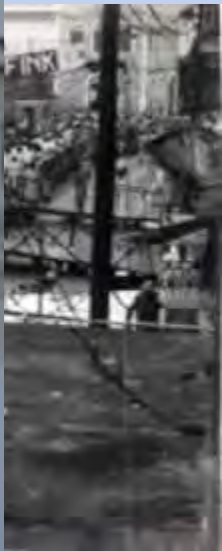
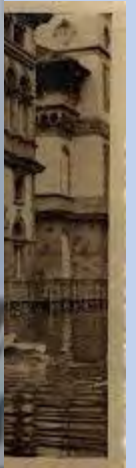
2014 Brasil – SE / CO / NE



1953 Brasil – AM



1953 Brasil – AM



2014 Brasil – AM



2014 Brasil – AM



Foto: Sérgio Vale/Secom (28/03/2014)

2014 Brasil – AM



1953 Califórnia – USA



1953 Califórnia – USA



2014 Califórnia – USA



2014 Europa



2014 Europa

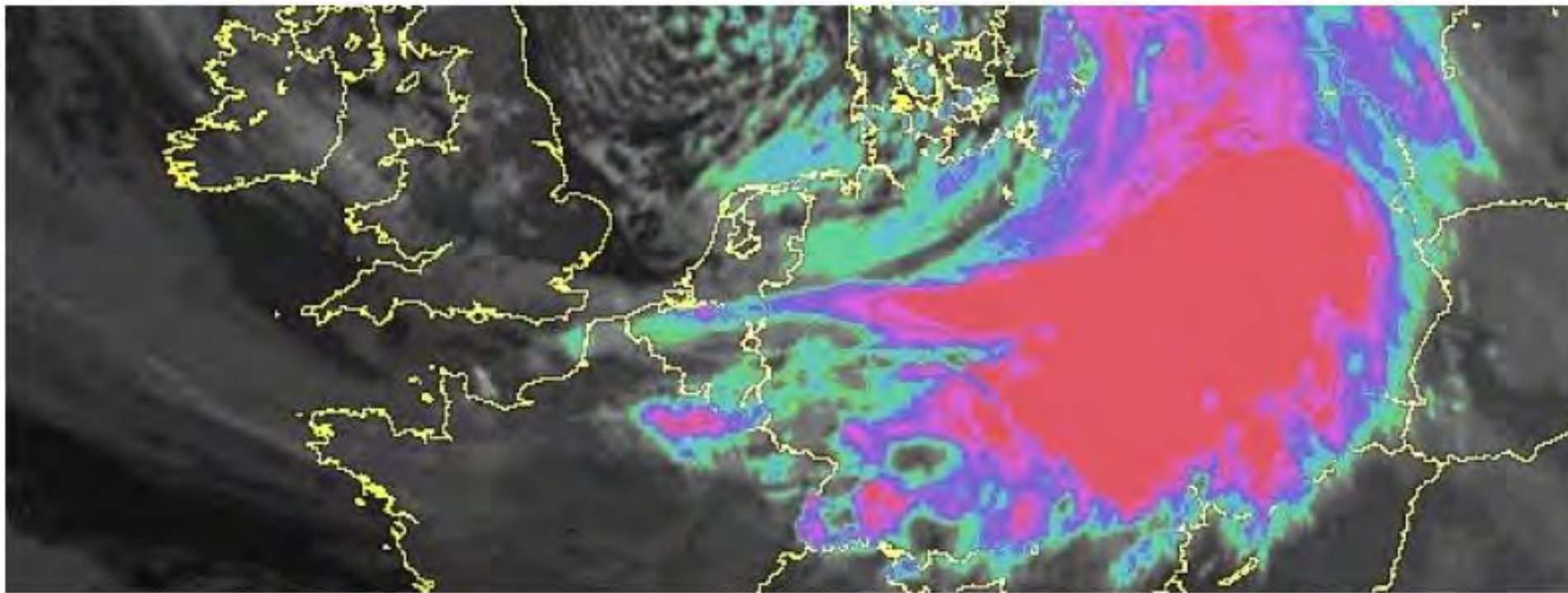


2014 Europa

Northern Europe under the worst storm since 1953 - Hurricane Xaver

Posted by [Adonai](#) on December 05, 2013 in categories [Editors' picks](#), [Severe storms](#)

[Follow @TheWatchers](#)



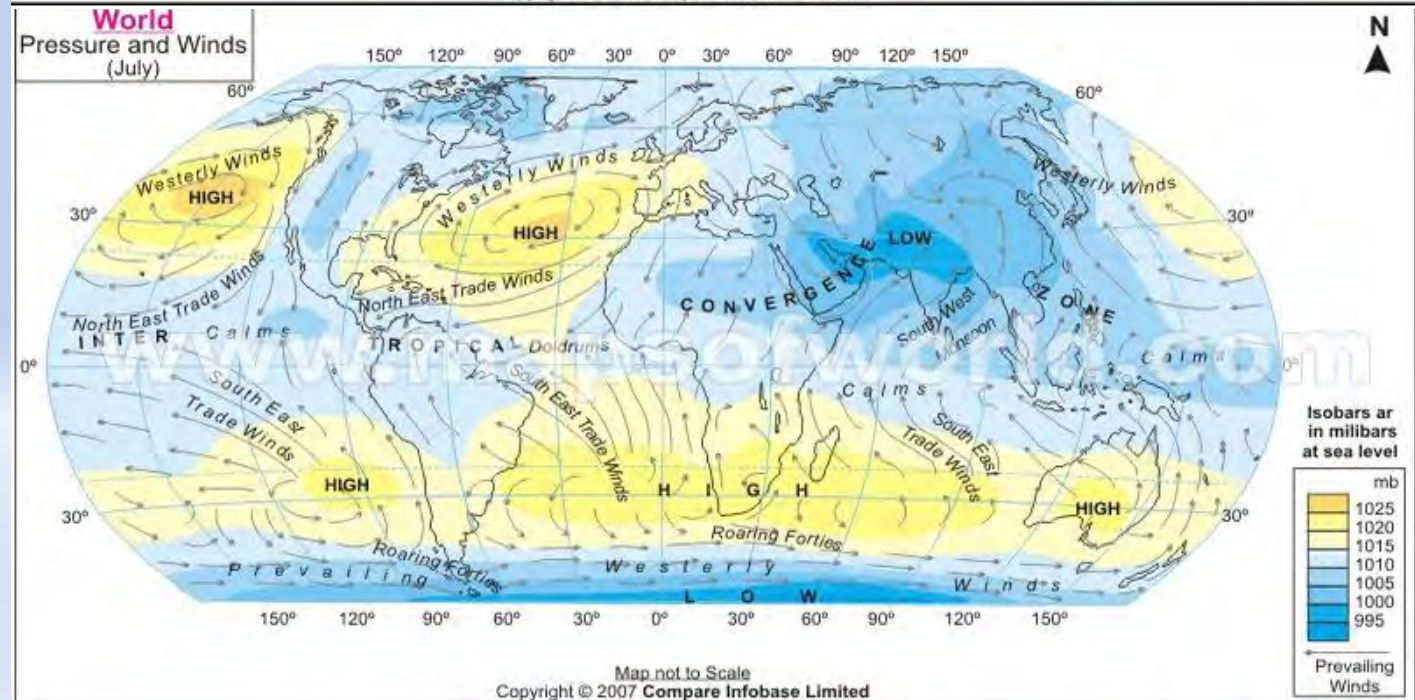
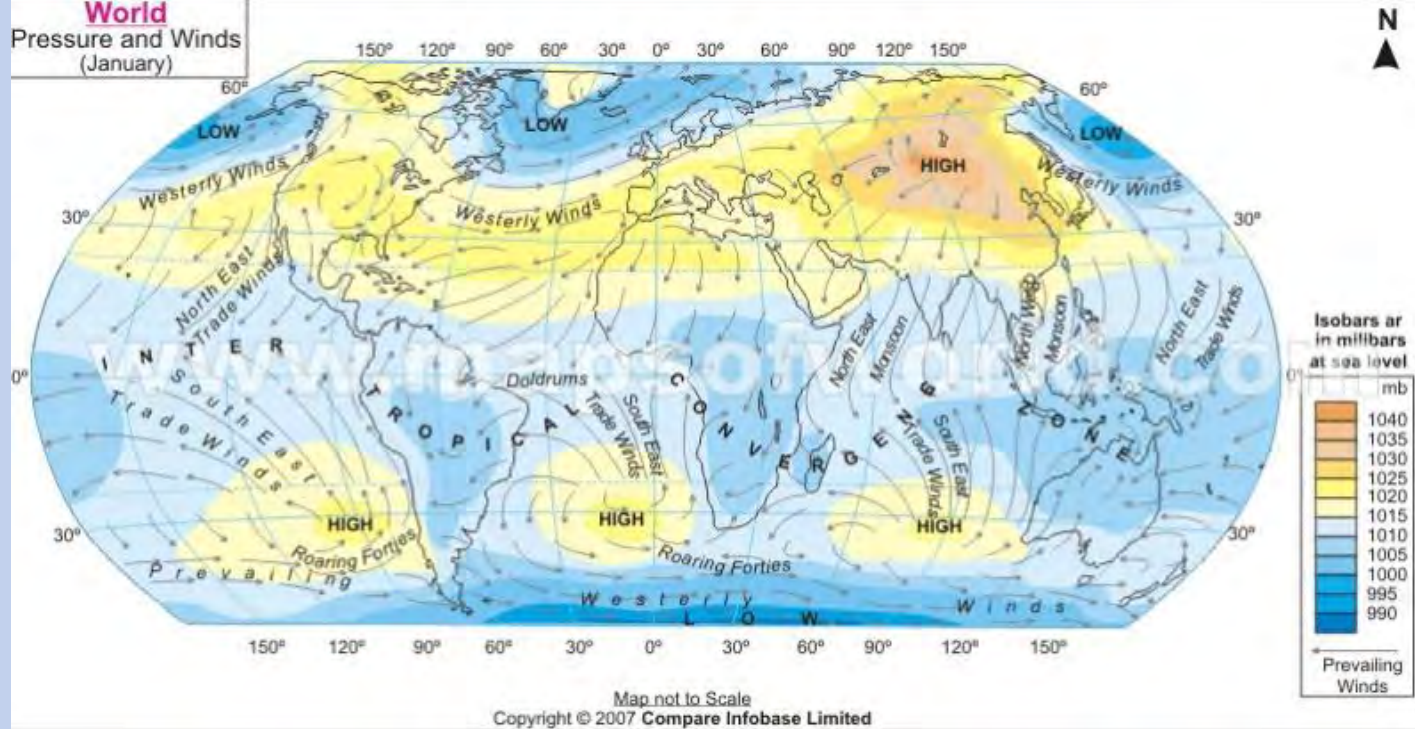
16 municipalities, mostly along the Sava and Morava rivers. The number of people killed by the floods has

country (as of 20 May) and 46 municipalities have been affected by the floods. It is mentioned that the

Slavonski Brod-Posavina. The death toll in Croatia remains at two people killed.

Croatian counties most affected by floods (source: [Croatian Civil Protection](#))

Macro Climate Global



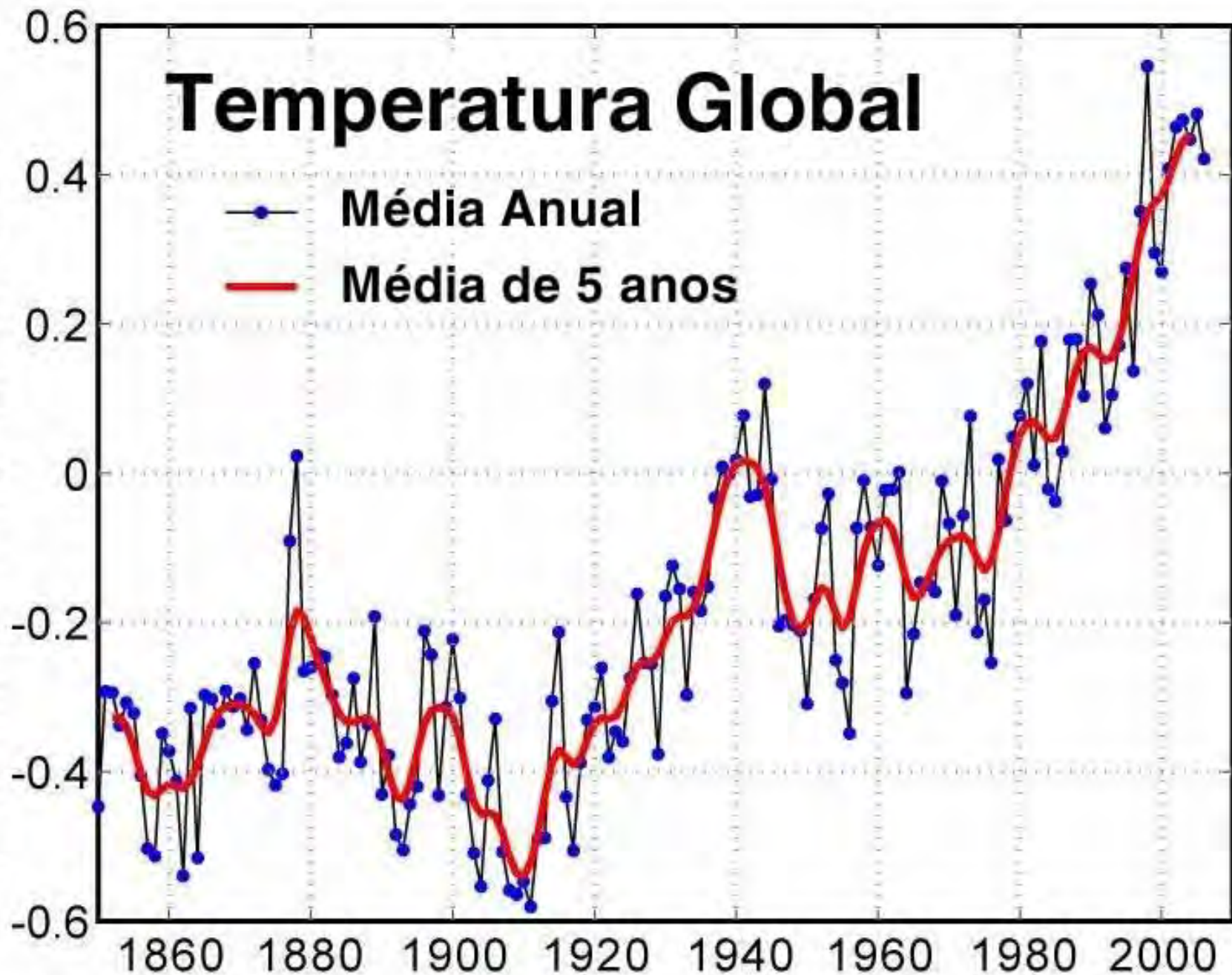
Maps of World
We do magic to Maps



Temperatura Global

Anomalia da Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)

- Média Anual
- Média de 5 anos





1977



2001

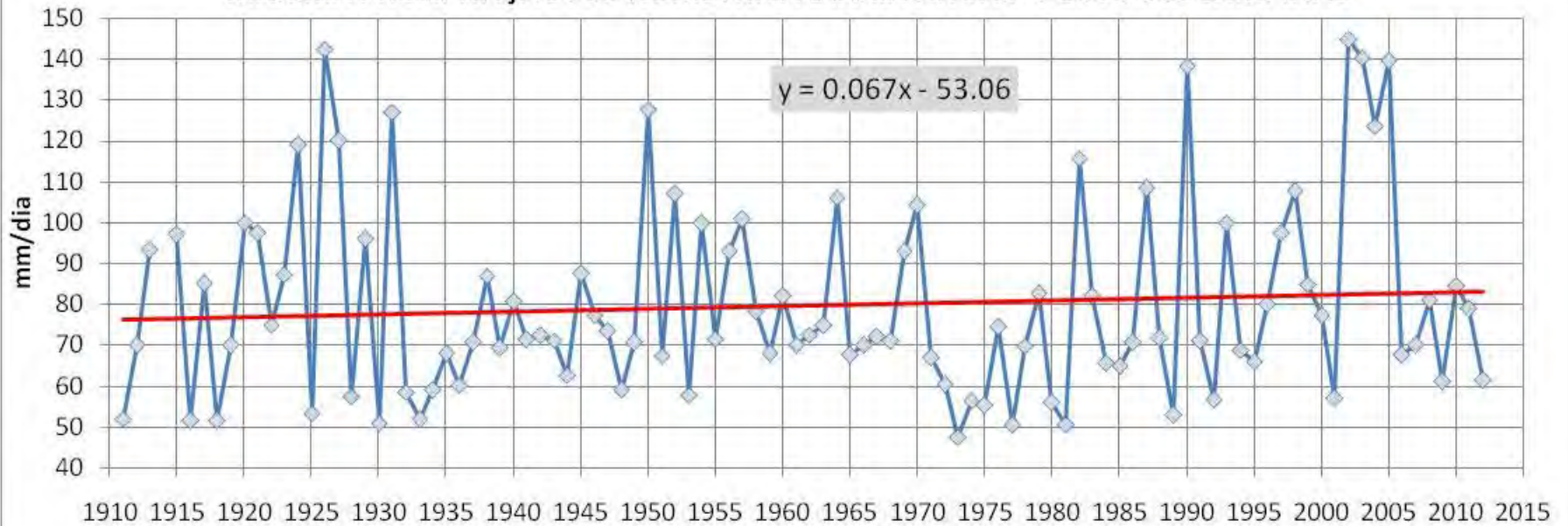


2010

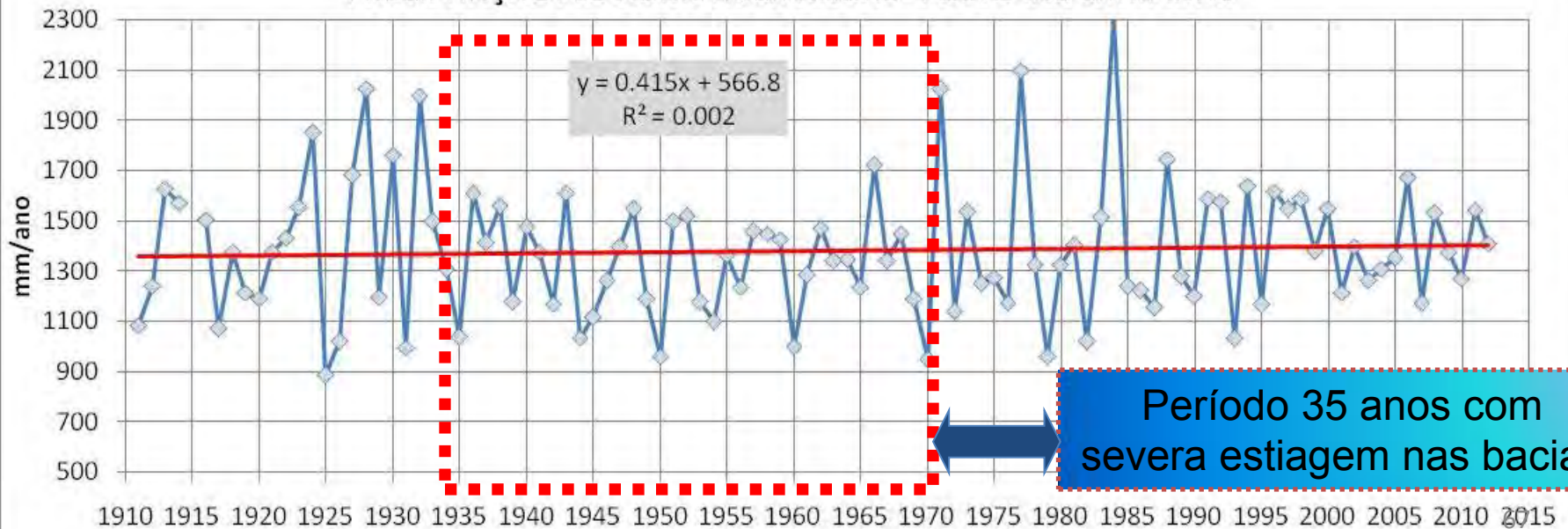
GLOBAL WARMING THEORY

Circular reasoning at its best.

MÁXIMA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DIÁRIA ANUAL - POSTO IAC CAMPINAS



PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA ANUAL - POSTO IAC CAMPINAS



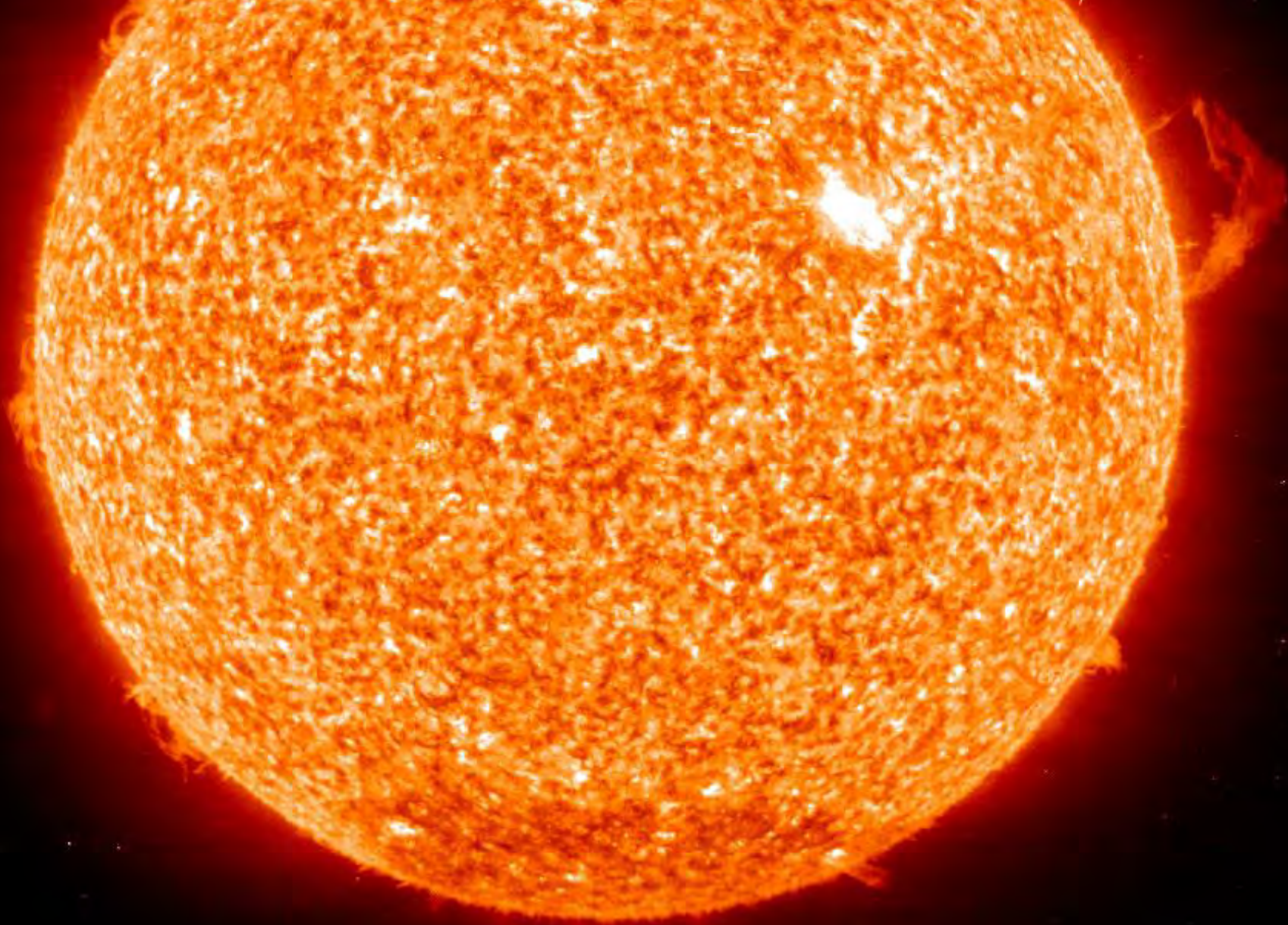
Ciclos Solares

- É evidente que o Sol tem uma espécie de relógio interno que estabelece a duração de cada ciclo de atividade solar.
- Até agora, é uma incógnita o mecanismo deste relógio.
- O ciclo de GLEISSBERG explica o efeito José, no clima da Terra.

Devemos esperar pelo
melhor!

Estar preparado para o pior!
Planejamento!!!!

E aguardar o que vier!



Muito Obrigado!!!

Prof. Dr. Antonio Carlos Zuffo
Professor Associado da Área de Hidrologia e Gestão de
Recursos Hídricos
DRH – FEC - UNICAMP

e-mail: zuffo@fec.unicamp.br
Fone: (19) 3521-2357