

Universidade Regional do Cariri-URCA

Simpósio de Mudanças Climáticas e Recursos Hídricos
23 e 24 de Maio/2013



Variabilidade Climática e Recursos Hídrico

Os Desafios da Gestão

Renato de Oliveira Fernandes

*Professor do Curso de Construção Civil/URCA
Doutorando em Engenharia de Recursos Hídricos/UFC
E-mail: renatodeof@gmail.com*

O Clima e a História dos Seres Vivos

Um mundo em mudança...



4.570 milhões de anos atrás (Ma)

Formação do Sol e disco de crescimento

4.560 Ma
Acrescimento dos planetesimais; início do crescimento da Terra

4.510 Ma
Formação da Lua

4.470 Ma
Acrescimento da Terra, formação do núcleo e diferenciação completadas

4.400 Ma
Grão mineral mais antigo

4.000 Ma
Fim do Bombardeamento Pesado; rochas continentais mais antigas

3.800 Ma
Primeira evidência de água

3.500 Ma
Primeira evidência de vida

2.500 Ma
Completada a principal fase de formação dos continentes

2.450-2.200 Ma
Oxigenação da atmosfera

2.200 Ma
Desenvolvimento de células com núcleo

565 Ma
Distribuição mundial de organismos multicelulares

700 Ma
O gelo cobriu toda a Terra?

545-530 Ma
"Big Bang" evolutivo

500

Extinção dos dinossauros

Presente

439 Ma
Extinção em massa

420 Ma
Animais terrestres mais antigos

324 Ma
Extinção em massa

250 Ma
Extinção em massa

208 Ma
Extinção em massa

125 Ma
Plantas florescentes mais antigas

65 Ma
Extinção em massa

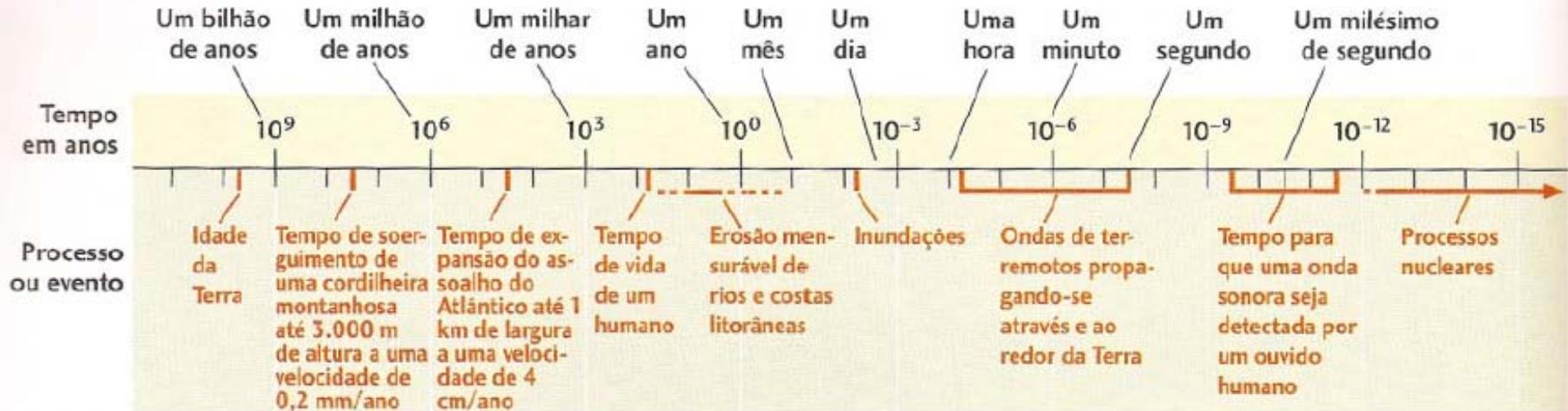
5 Ma
Primeiros hominídeos

0,12 Ma
Primeiro aparecimento de nossa espécie, *Homo sapiens sapiens*

O homem é um acontecimento recente na história da terra.

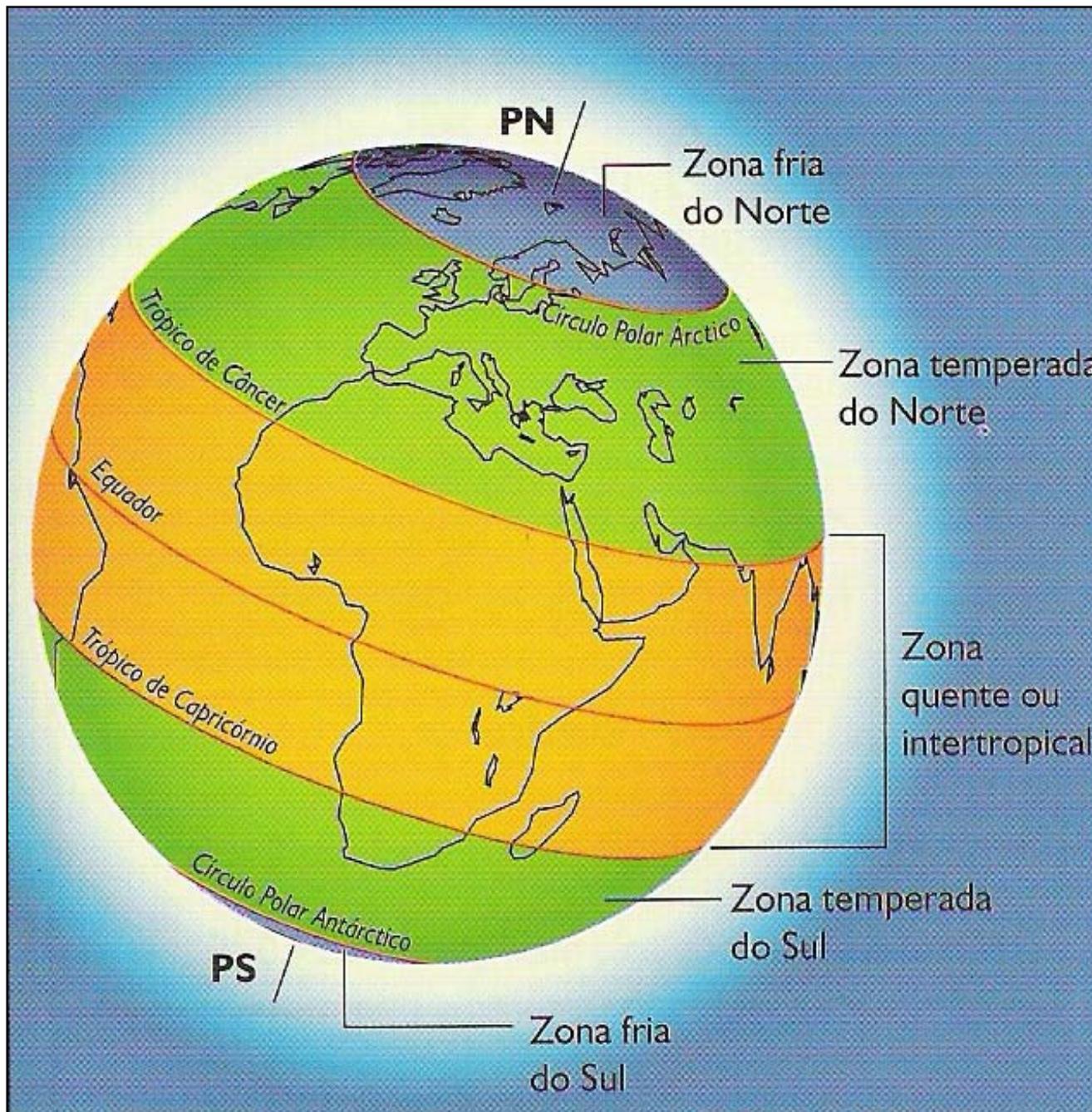
Houve grande multiplicação e hoje somos mais de 7 bilhões.

Contagem dos eventos geológicos

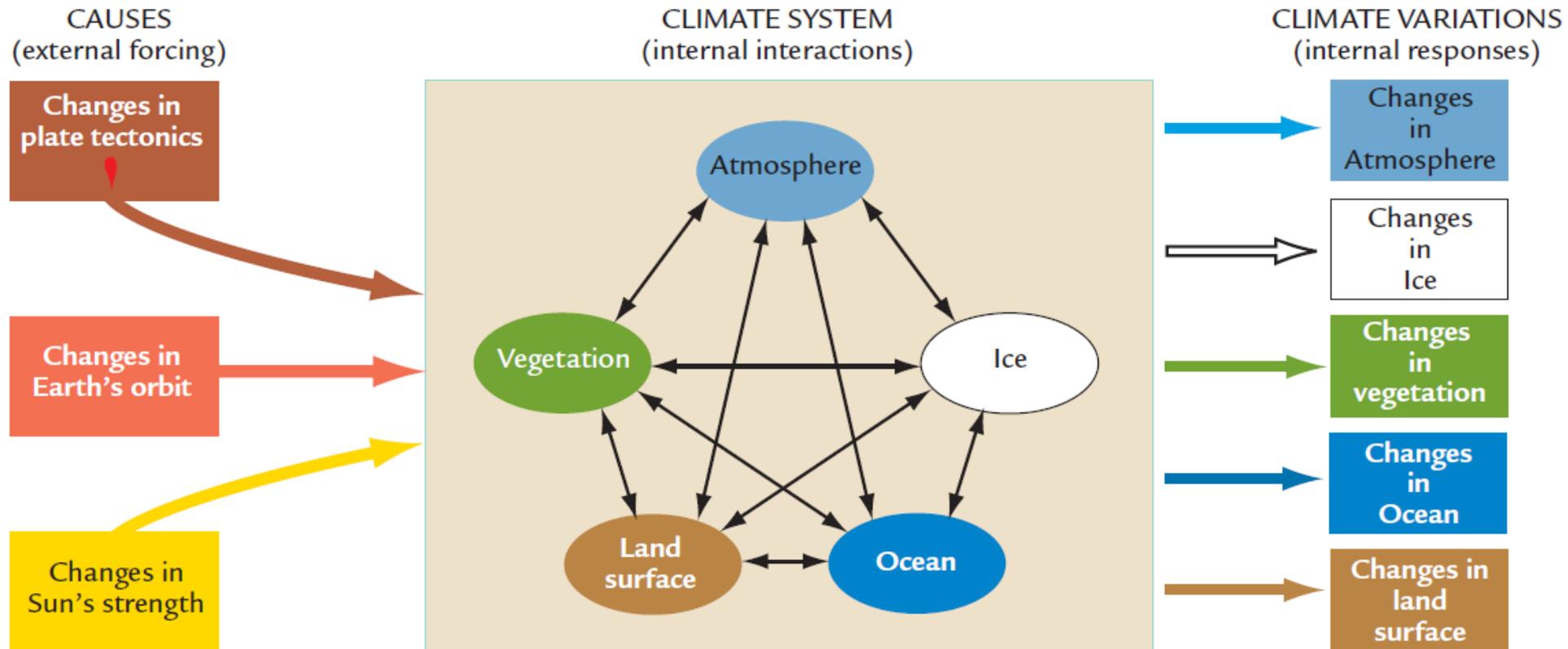


Mecanismo de contagem do tempo

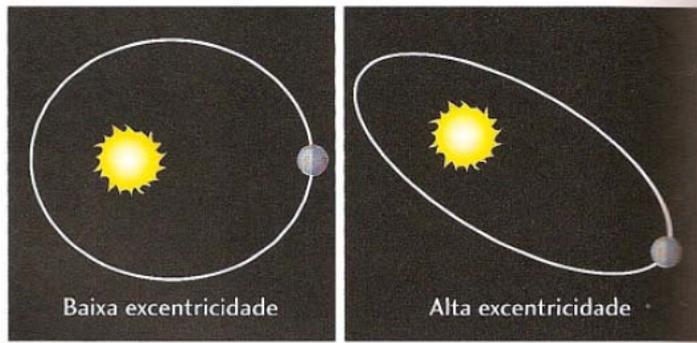




O que faz o clima mudar?



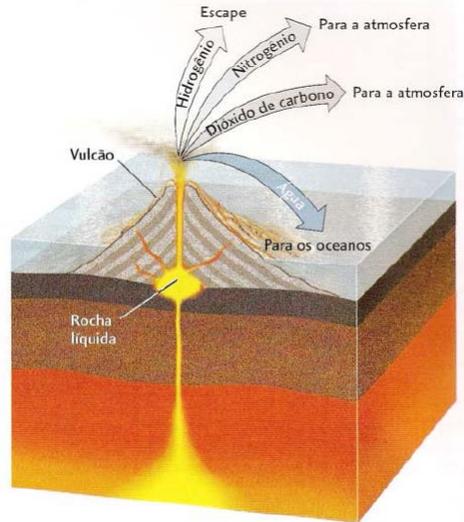
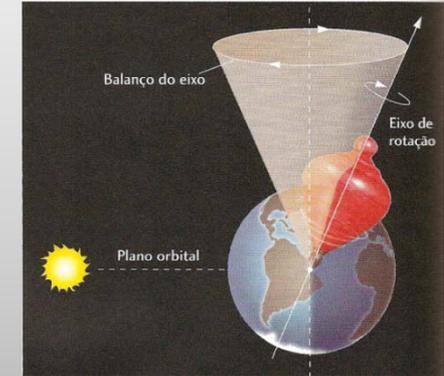
(a) Excentricidade (100 mil anos)



(b) Obliquidade (41 mil anos)

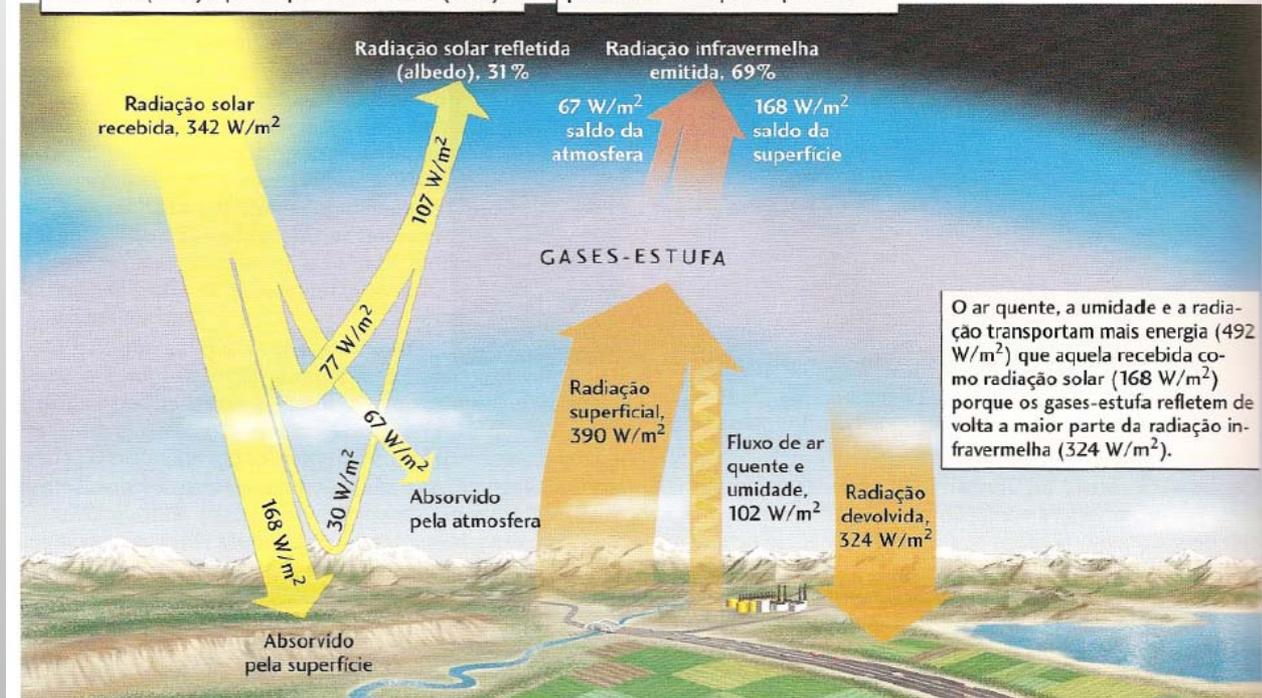


(c) Precessão (23 mil anos)



O albedo da Terra (31%) é a energia refletida pelas nuvens (22%) e pela superfície terrestre (9%). A radiação solar remanescente recebida é absorvida pela atmosfera (20%) e pela superfície terrestre (49%).

Para alcançar o balanço da radiação, a Terra irradia de volta para o espaço a soma da radiação absorvida pela atmosfera e pela superfície.

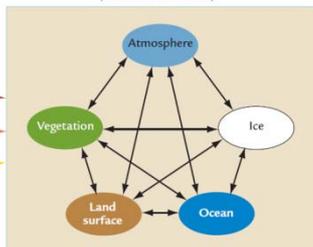


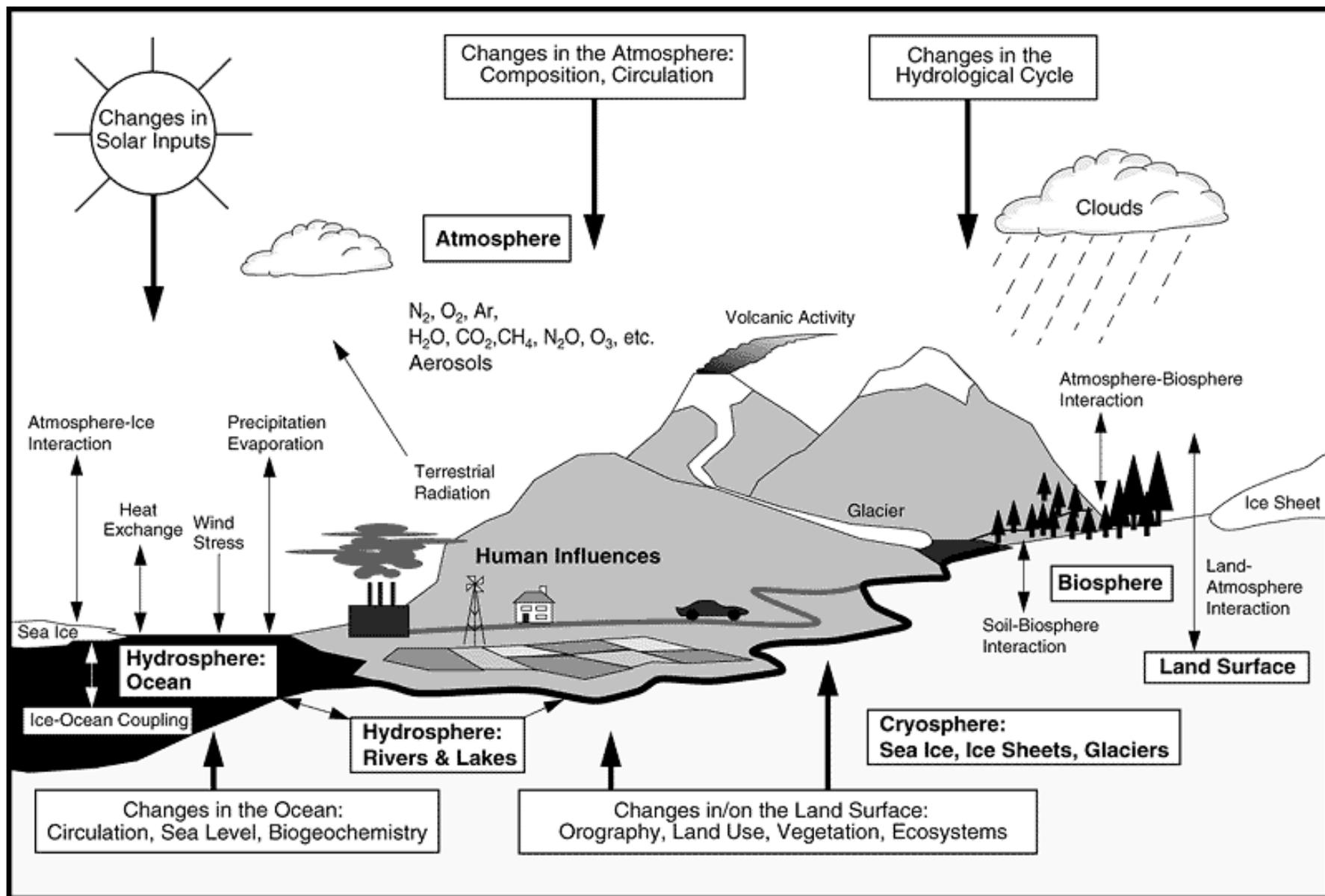
O ar quente, a umidade e a radiação transportam mais energia (492 W/m²) que aquela recebida como radiação solar (168 W/m²) porque os gases-estufa refletem de volta a maior parte da radiação infravermelha (324 W/m²).

CAUSES (external forcing)

- Changes in plate tectonics
- Changes in Earth's orbit
- Changes in Sun's strength

CLIMATE SYSTEM (internal interactions)

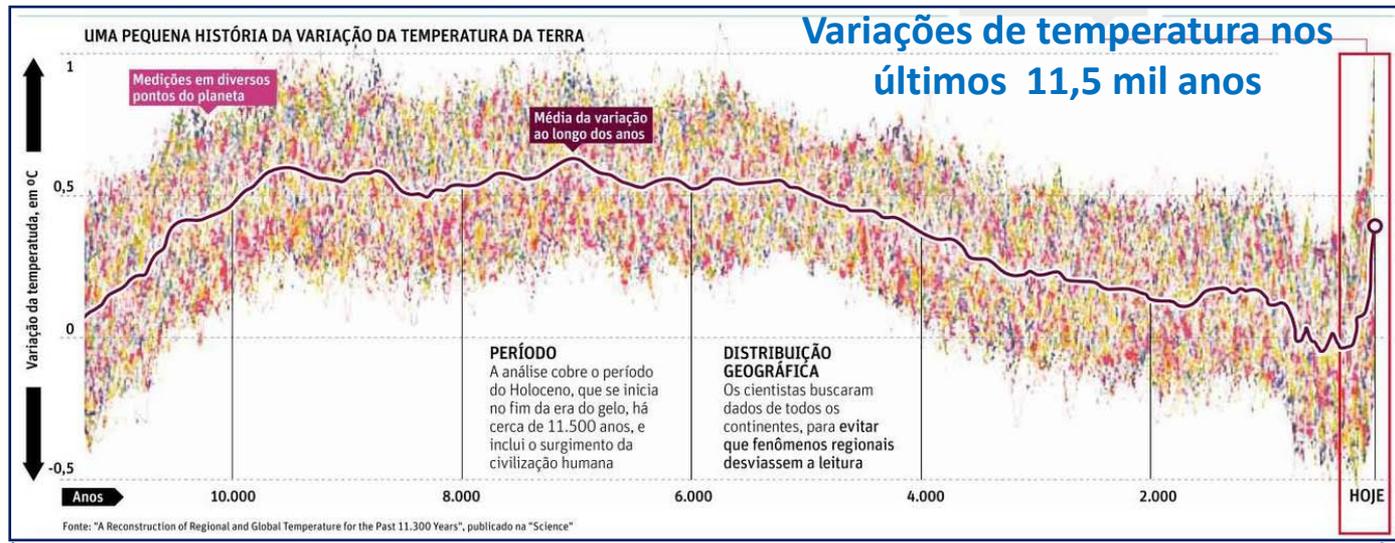




Condicionantes regional do clima

Anos de El niño e seca no Nordeste

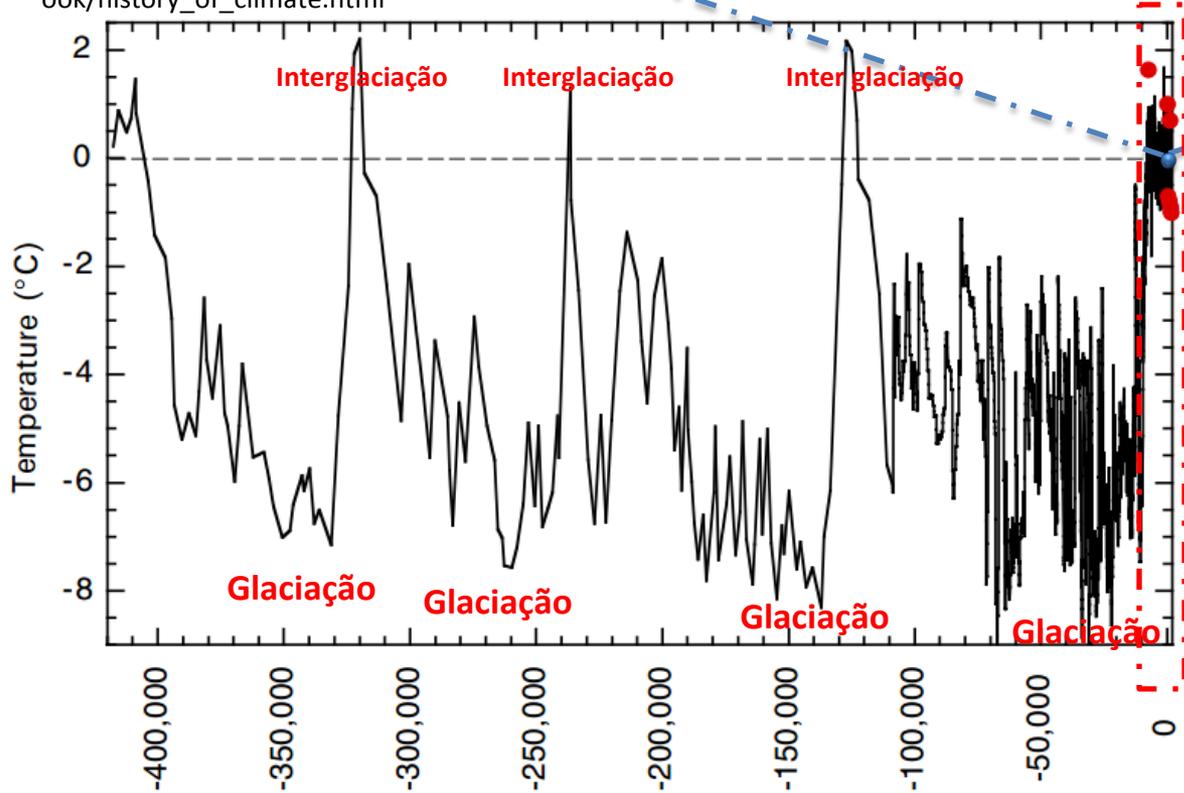
Século XVII	Século XVII	Século XIX	Século XX	Século XXI
1603	1711	1804	1900	2001
1614	1721	1809	1902	2002
1692	1723-24	1810	1907	
	1736-37	1816-17	1915	
	1744-46	1824-25	1919	
	1754	1827	1932-33	
	1760	1830-33	1936	
	1772	1845	1941-44	
	1776-77	1877-79	1951	
	1784	1888-89	1953	
	1790-94		1958	
			1970	
			1979-80	
			1981	
	1790-94	1891	1982-83	
		1898	1986-87	
			1991-92	
			1997-98	



Fonte:

•http://muller.lbl.gov/pages/IceAgeBook/history_of_climate.html

Fonte: Science

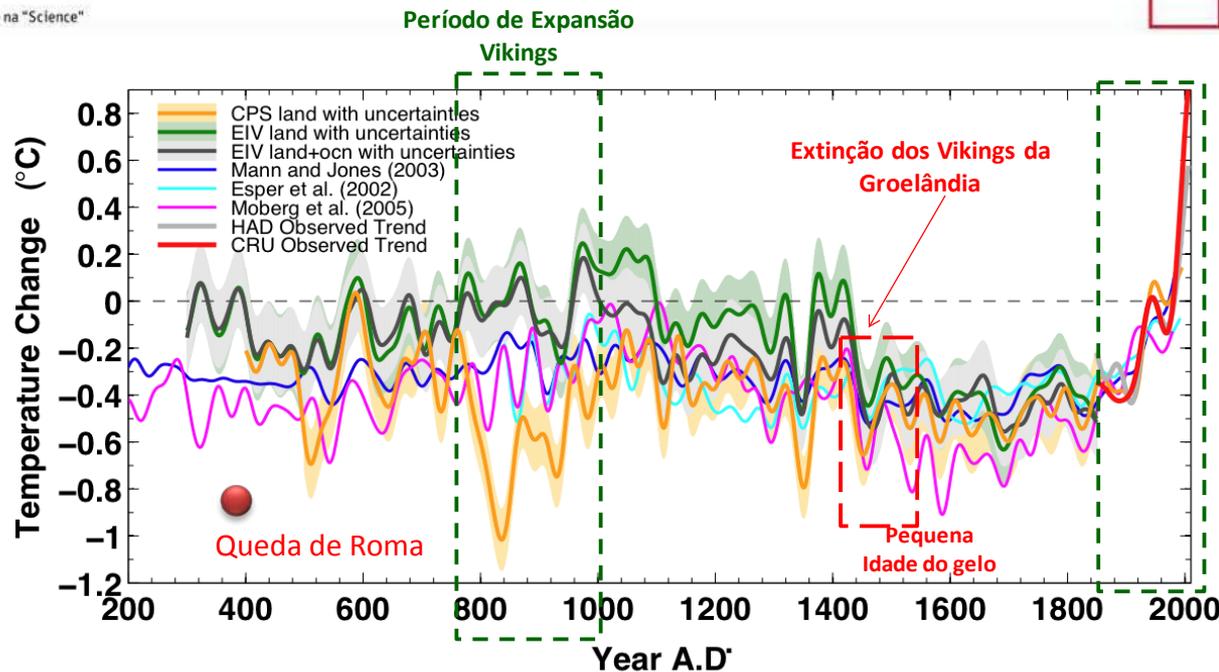
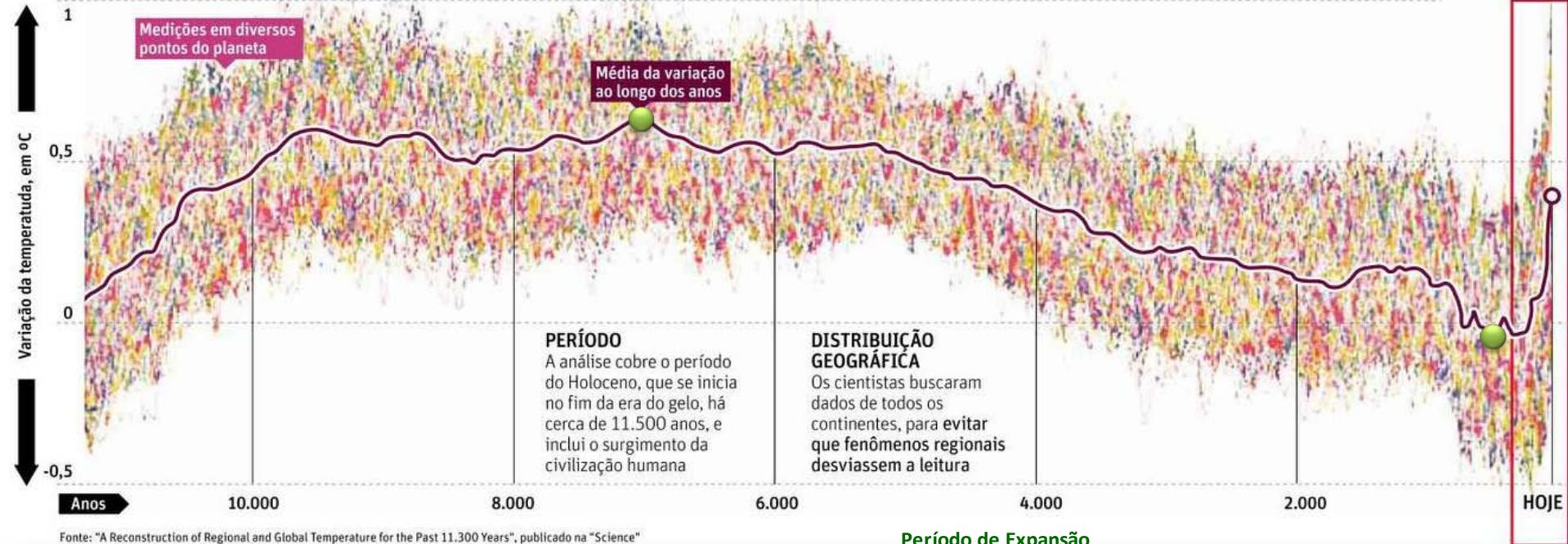


Variações da temperatura nos últimos 420 mil

(Recuperado de testemunhos de gelo de Vostok –Antártida Oriental)

- Período interglacial da época holocênica (últimos 10 mil anos);
- Período mais longo “estável” dos últimos 420 mil anos;
- A estabilidade climática propiciou o rápido crescimento da agricultura;

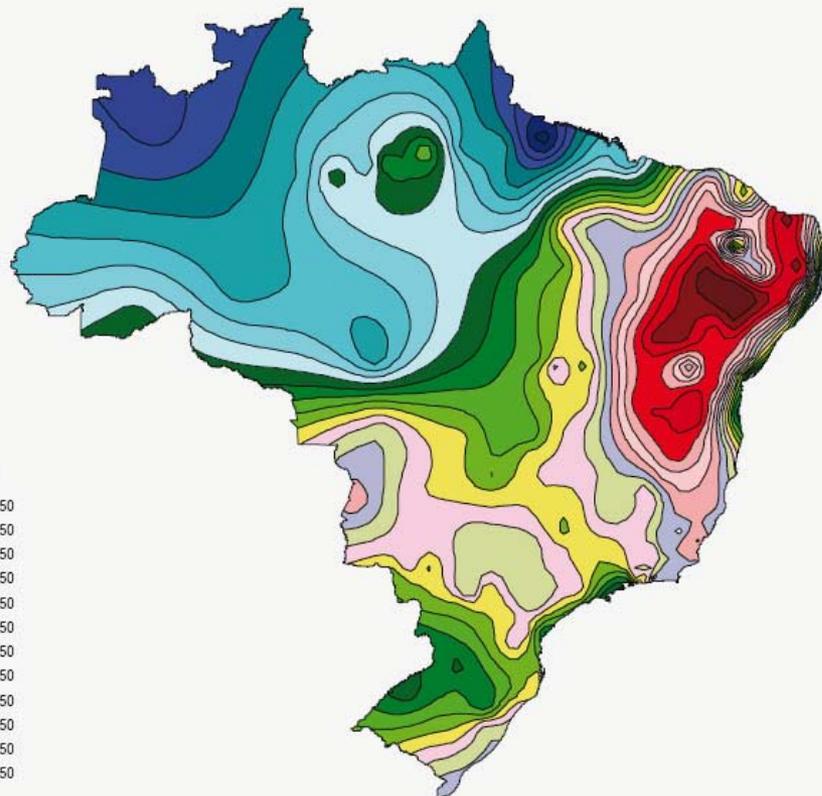
UMA PEQUENA HISTÓRIA DA VARIAÇÃO DA TEMPERATURA DA TERRA



Northern Hemisphere reconstructed temperature change since 2000AD

O clima do Brasil nas suas diferentes escalas

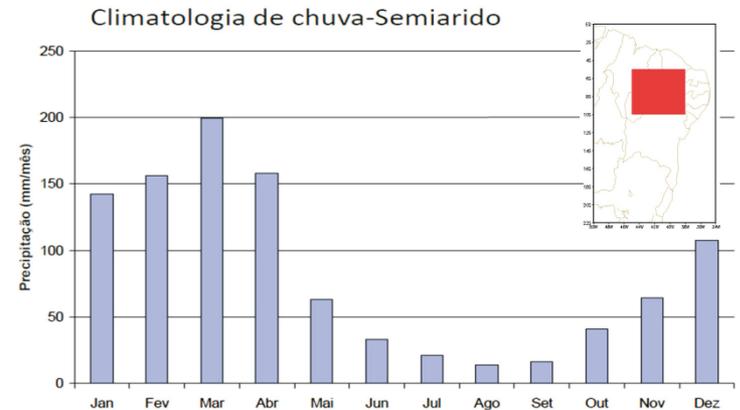
Escala espacial (média anual)



Fonte: ANA, 2009

Escala Temporal

Escala sazonal

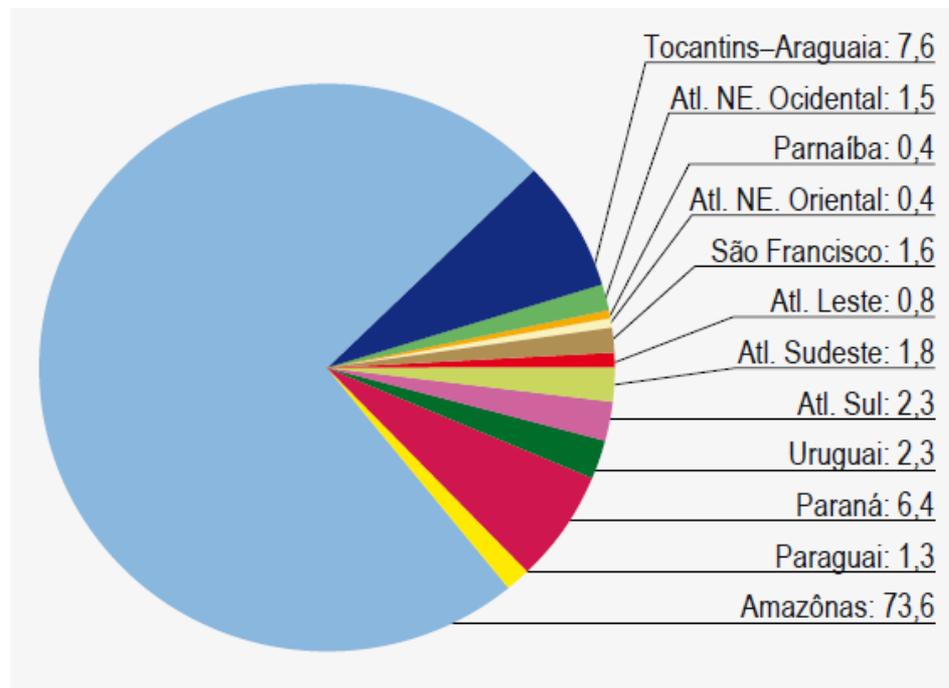


Escala anual e decadal



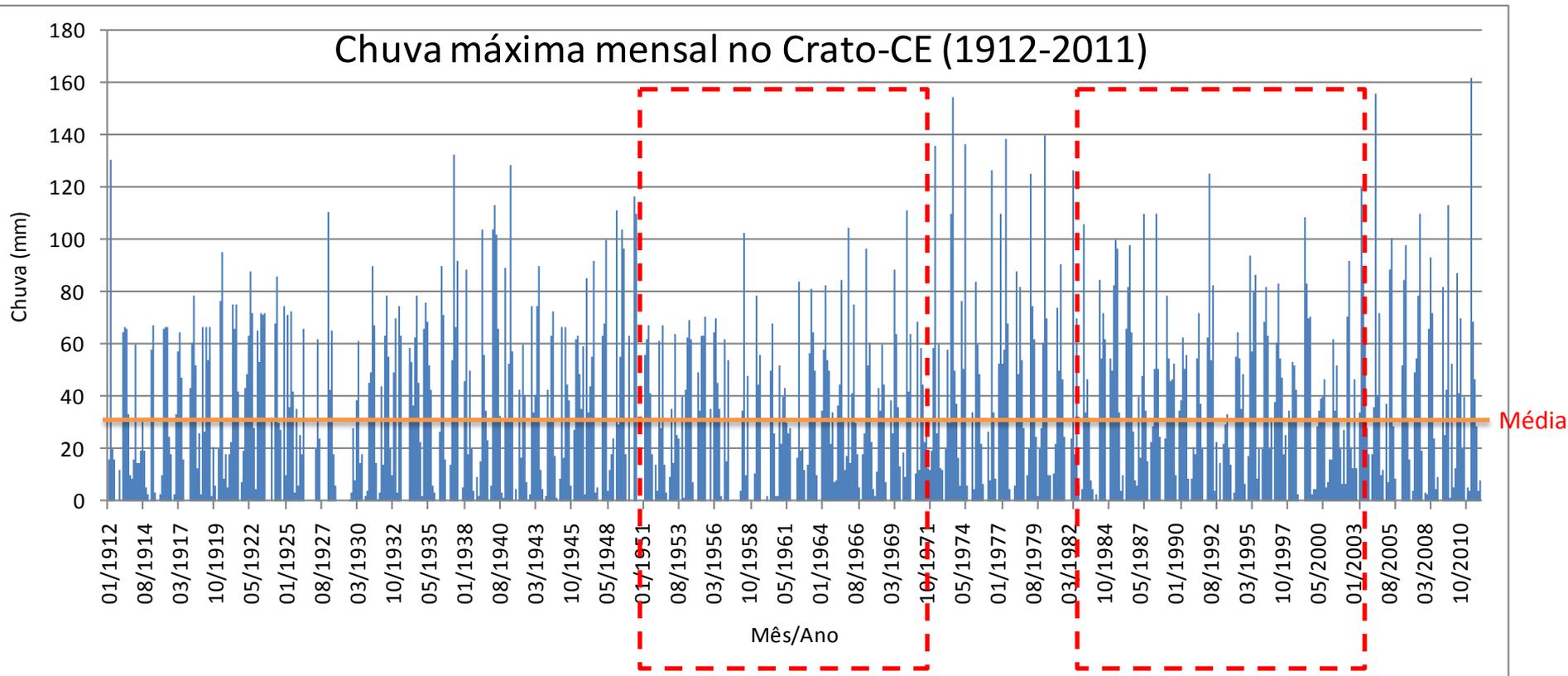
Anomalias de chuva na região do semiárido do Nordeste do Brasil (Latitude: 10-5°S, Longitude: 45-38°W).
Fonte: Marengo, 2011.

Regiões Hidrográficas suas contribuições



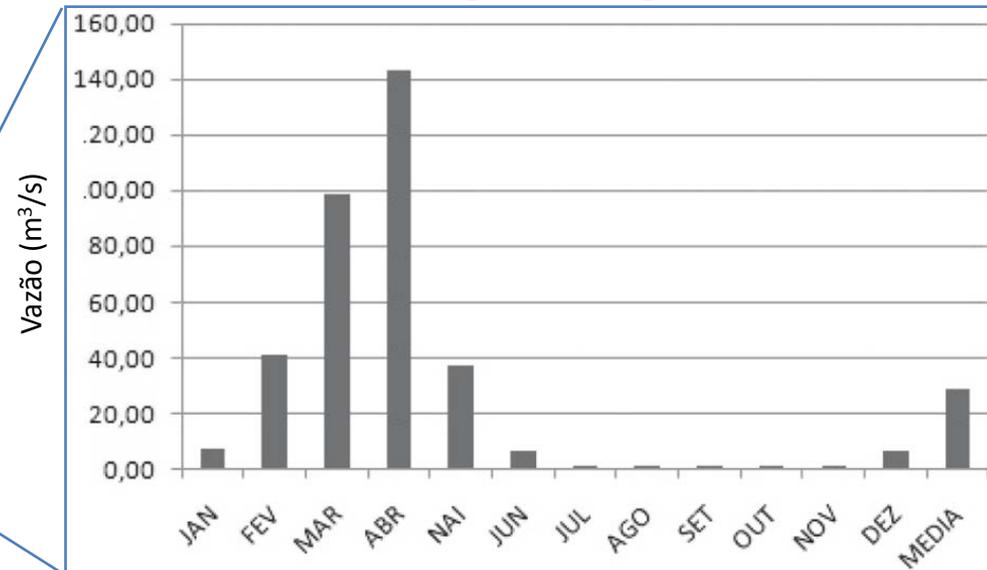
Fonte: ANA, 2007

Implicações da “aleatoriedade” do clima no dimensionamento da infraestrutura hídrica



Implicações da “aleatoriedade” do clima no dimensionamento da infraestrutura hídrica

Rio Jaguaribe - Iguatu, CE

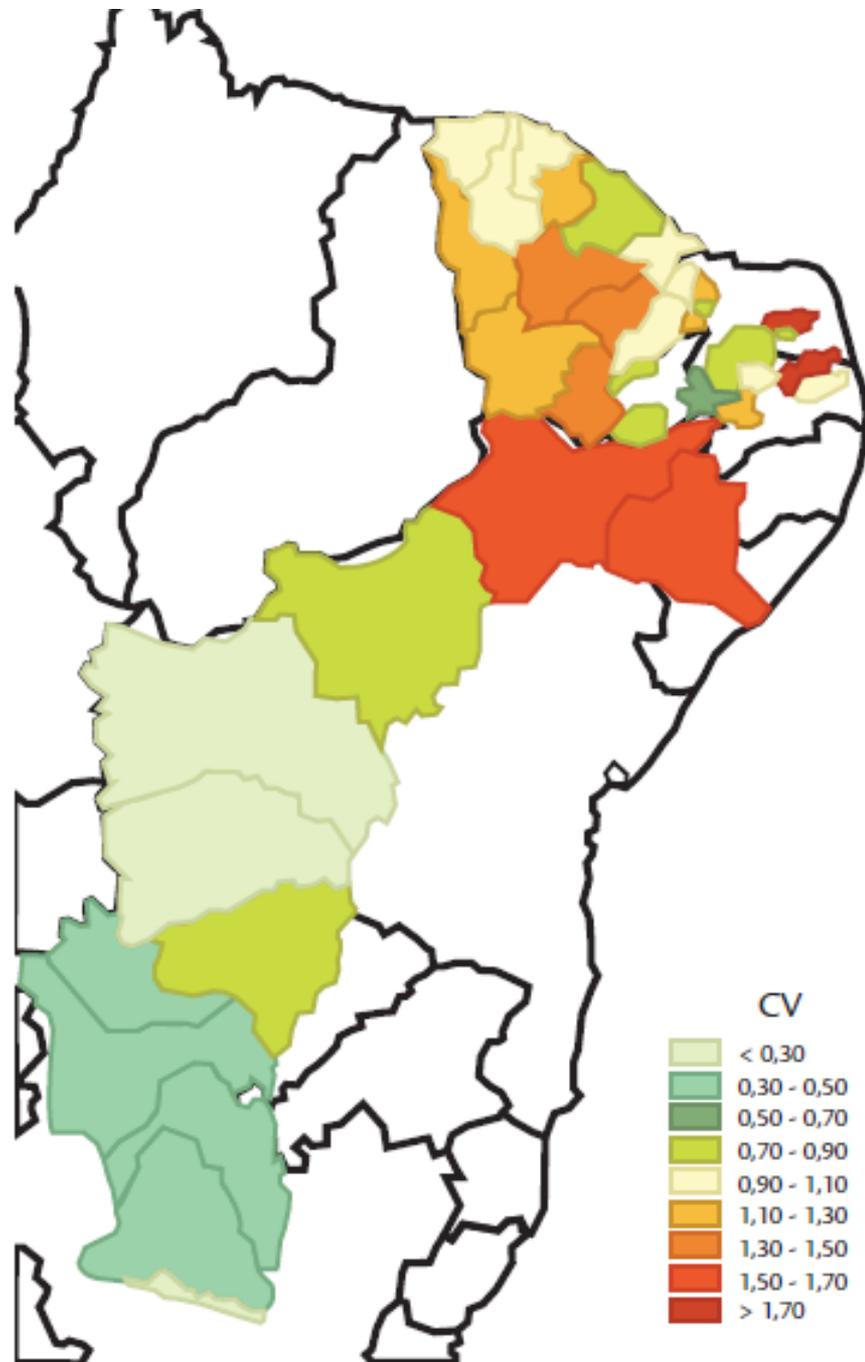


- O resultado da variabilidade das vazões em uma bacia hidrográfica é o resultado de um conjunto de processos.
 - Variabilidade do clima (precipitação, evaporação, etc)
 - Modificação do uso e ocupação do solo

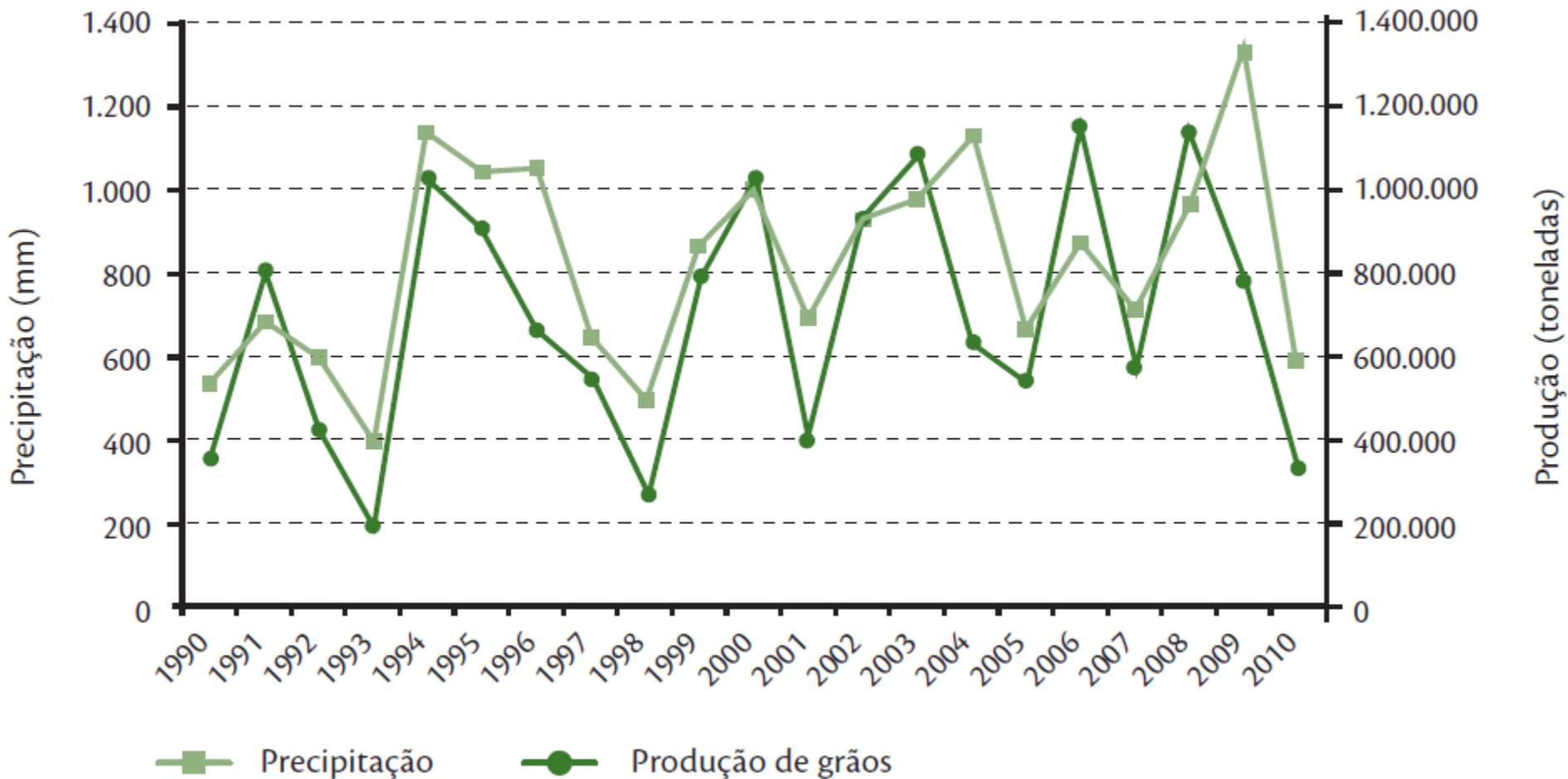
- Coeficiente de variação dos deflúvios anuais associados a algumas bacias da região Nordeste;

Fonte: Martins, et al. 2012

- **Observação:** Coeficiente de variação (CV) é uma medida de dispersão dos dados históricos, sendo calculada pela razão entre o desvio-padrão e a média de uma série histórica



Implicações da “aleatoriedade” do clima na produção agrícola



Série de Vazões - Sobradinho

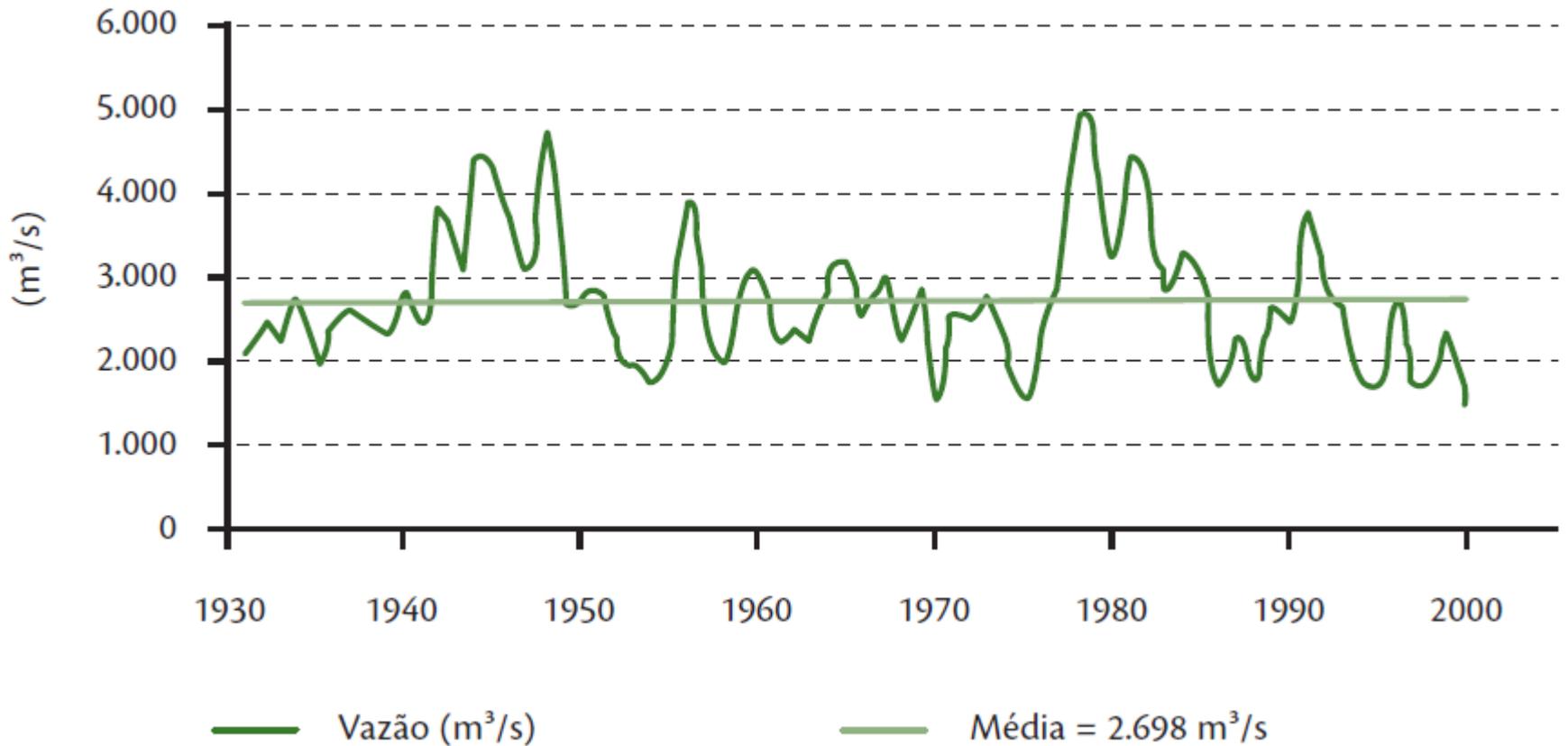
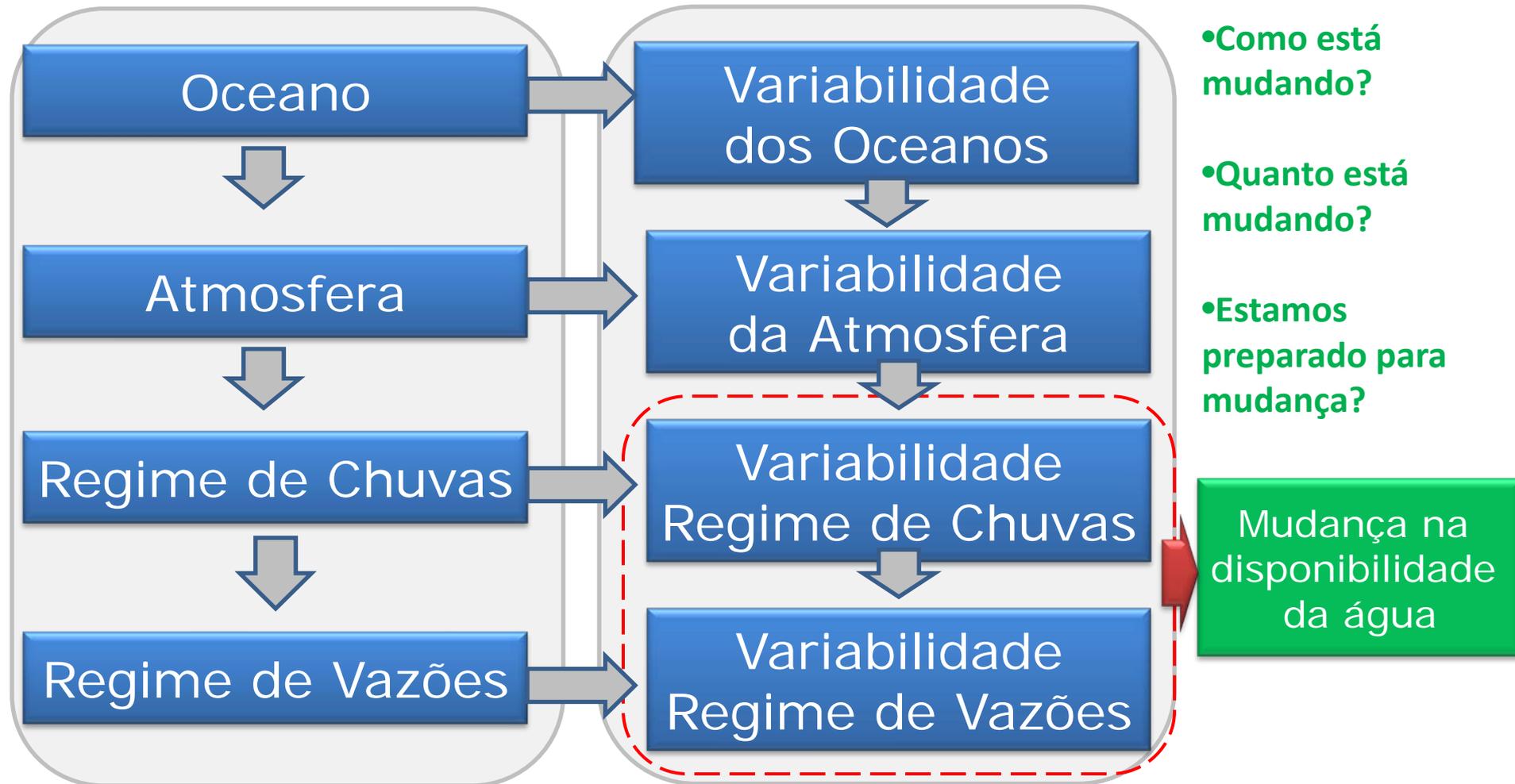


Diagrama conceitual da variabilidade



O Semiárido e o clima

- Seca e escassez de água são coisas diferentes:

Comportamento
do Clima

- **Seca:** se caracteriza por períodos anômalos em que as precipitações e vazões naturais são menores que o normal;

Gerenciamento
da água

- **Escassez:** situação em que a disponibilidade hídrica é insuficiente para atender as demandas e manter as condições ambientais mínimas;



Fonte: <http://www.artenata.com.br/>

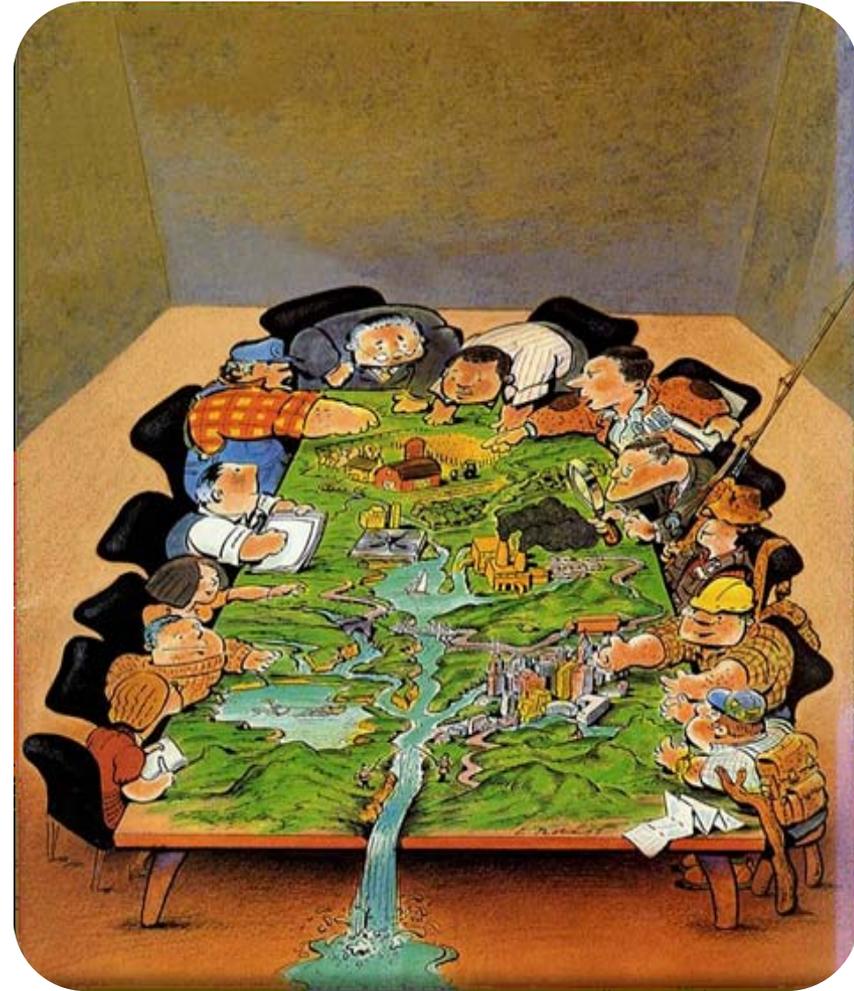
Os Recursos Hídricos e o Clima

Uma visão prática...

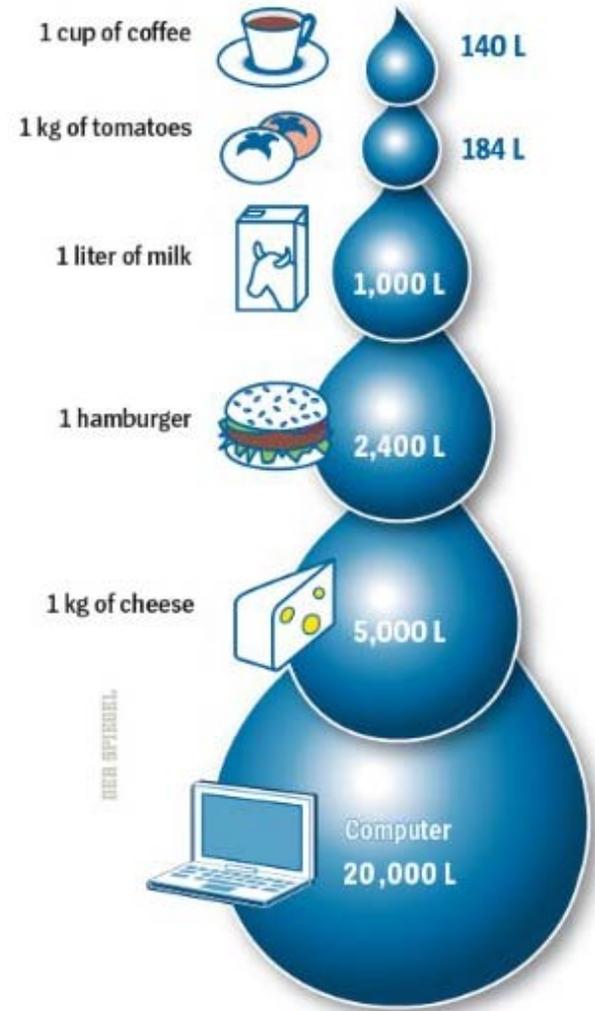
- Gestão dos recursos hídricos se assemelha a gestão da economia familiar (Pruski, 2011):
 - As disponibilidades são quanto se ganha;
 - As demandas são o quanto se gasta;
 - A poupança são os reservatórios (superficiais e subterrâneos)
 - As transposições de bacias (ex. Rio São Francisco) são empréstimos feito a fundo perdido;

Usos Múltiplos da Água

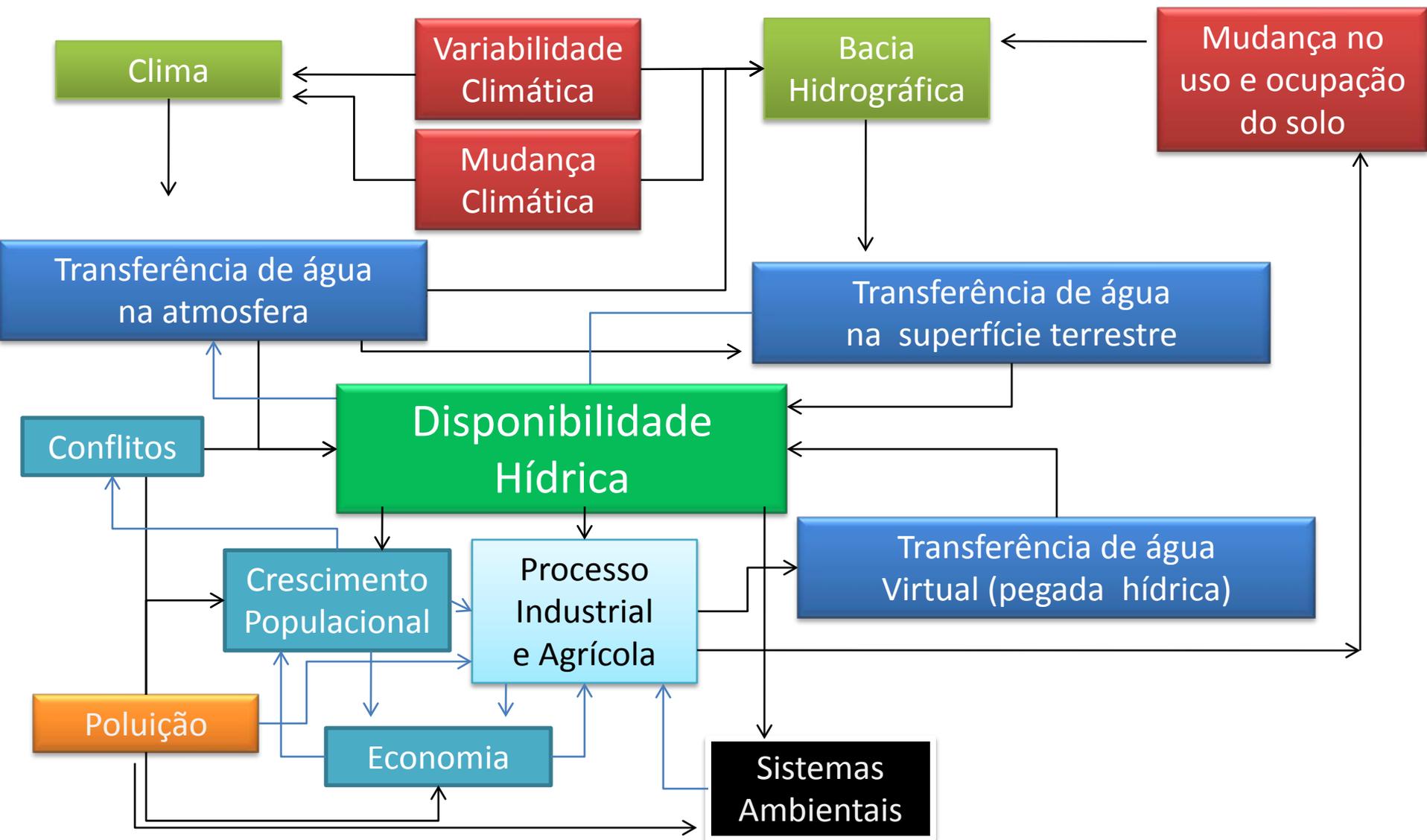
- Os interesses são múltiplos e podem gerar conflitos em situação de escassez!
 - Irrigação;
 - Abastecimento humano;
 - Abastecimento industrial;
 - Diluição de poluentes;
 - Recreação;
 - Piscicultura, etc.



A água no processo industrial

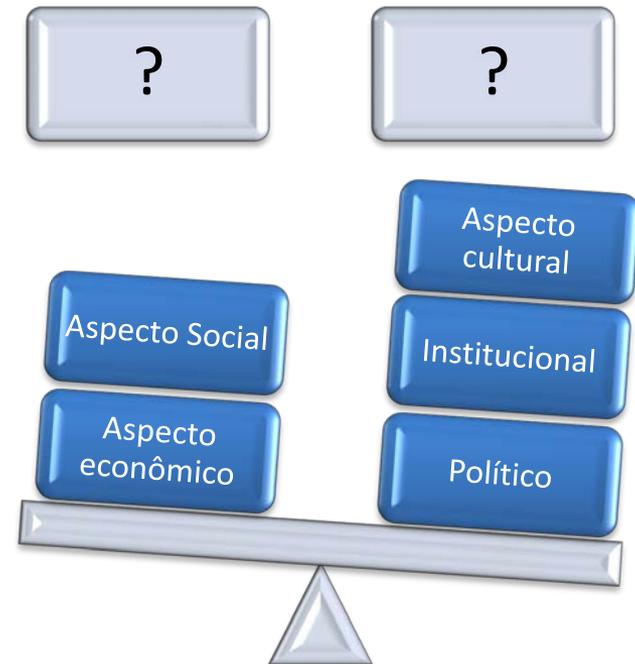
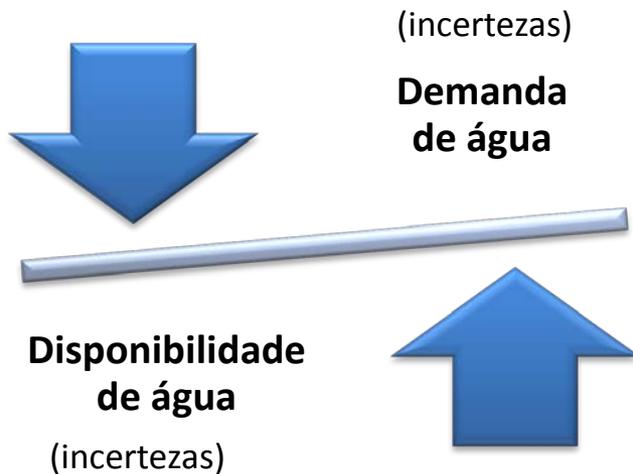


Visão geral do problema da água

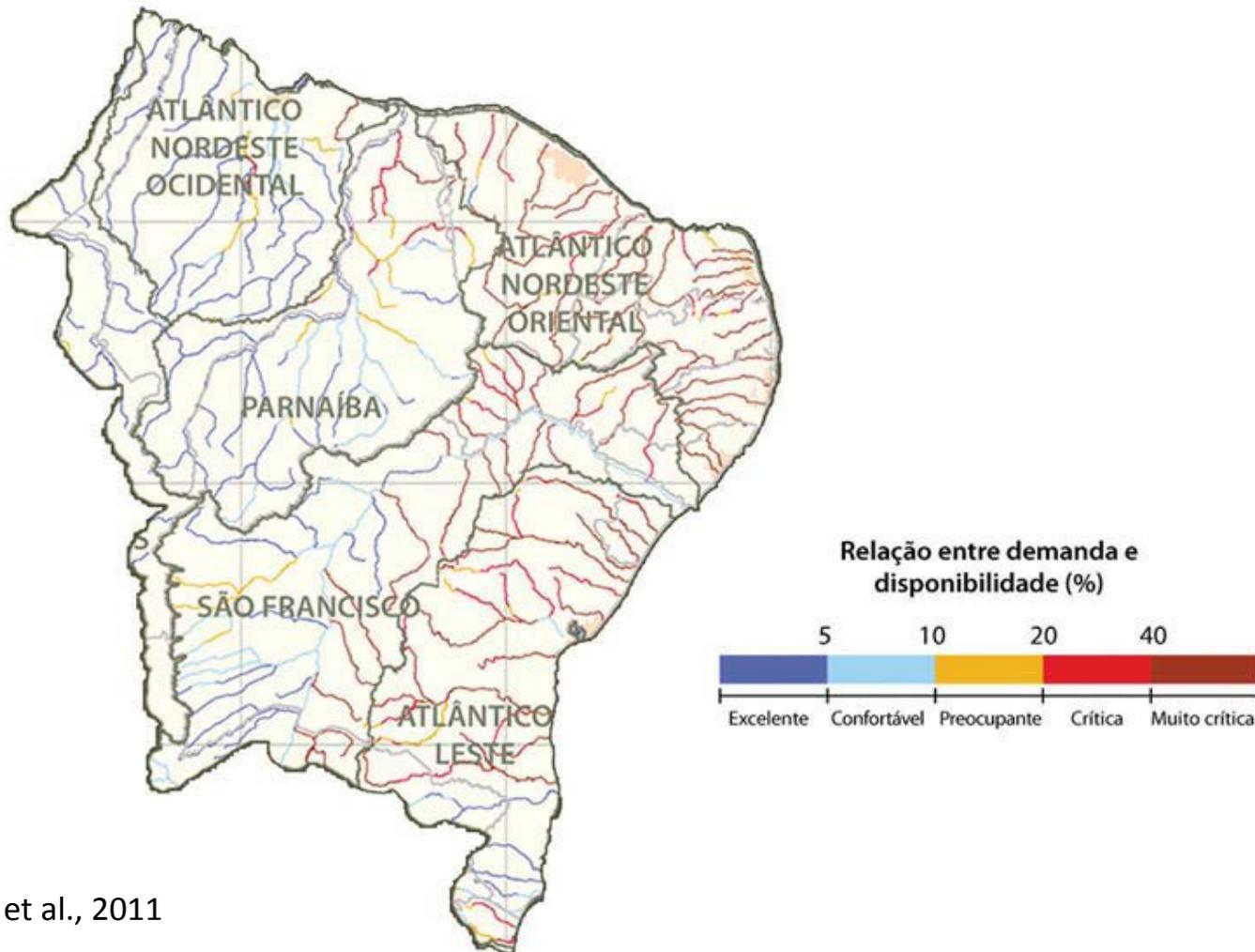


Incertezas e Riscos

- Como gerenciar uma economia doméstica sem saber quanto se **ganha** e quanto se **gasta**?
 - Necessidade de quantificar as disponibilidades;
 - Necessidade de quantificar as demandas;

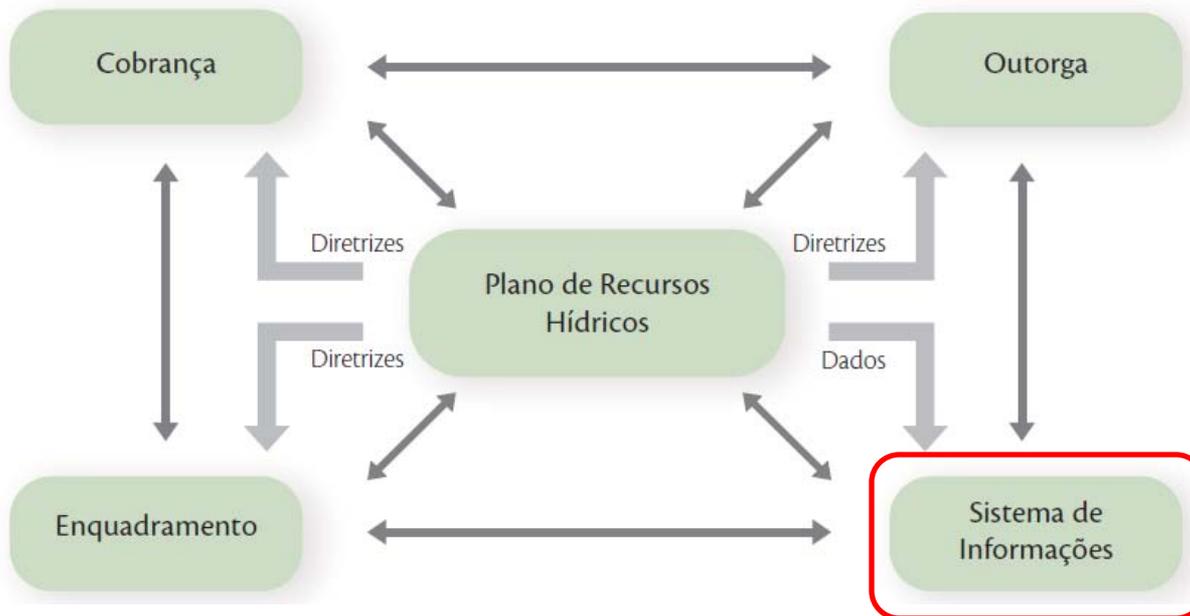


Situação dos principais rios do Nordeste brasileiro quanto à relação demanda versus disponibilidade hídrica superficial



Instrumentos e ferramentas que dispomos

Instrumentos previstos pela Lei 9.433/97



- Para entender as incertezas e os riscos associados precisamos de **INFORMAÇÃO**.

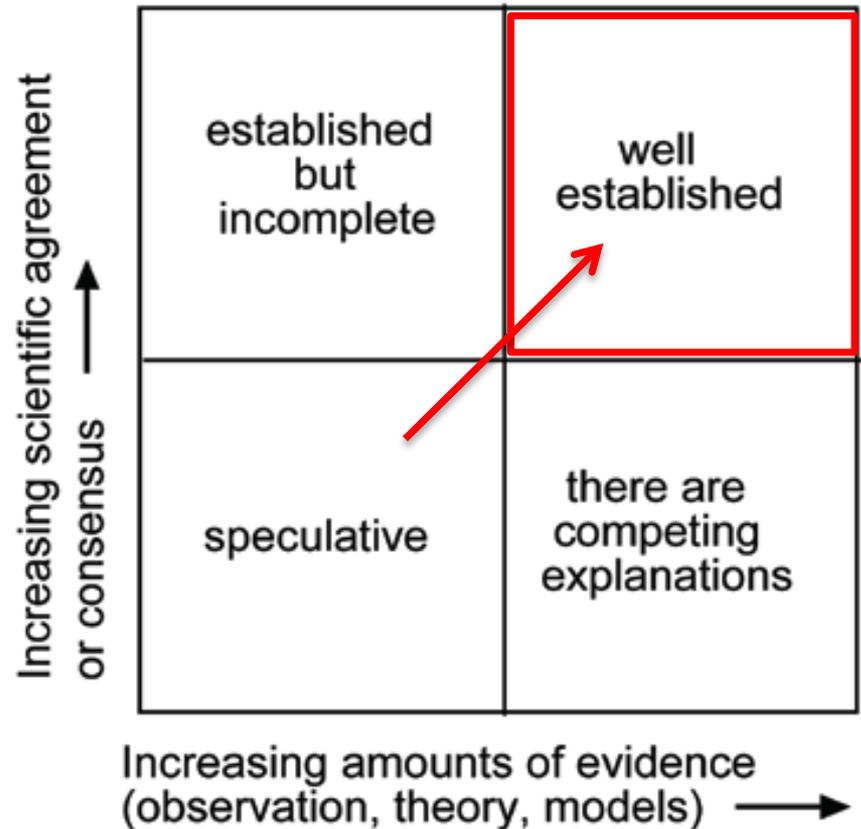
Estações de observação de chuva (Ceará)



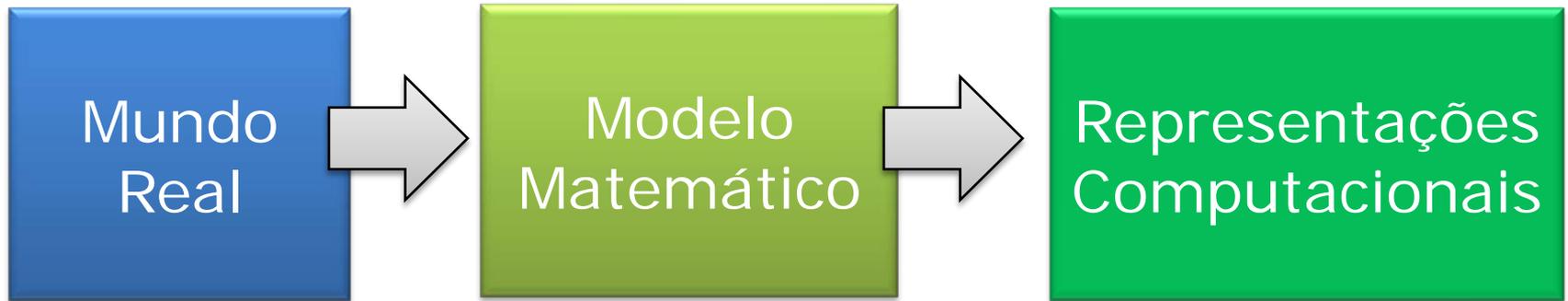
A informação como insumo básico para a gestão da água

- A informação é um insumo básico para a tomada de decisão.
 - Precisamos:
 - Saber o que temos (disponibilidades);
 - Saber o que precisamos (demandas);
 - Prever o que pode ocorrer com o que temos e precisamos;

State of knowlege is:

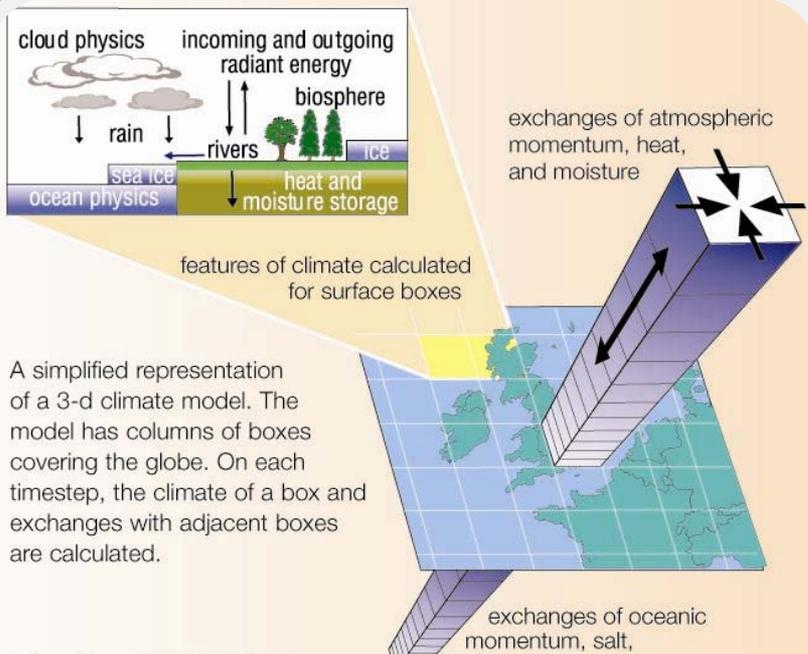


O papel da modelagem



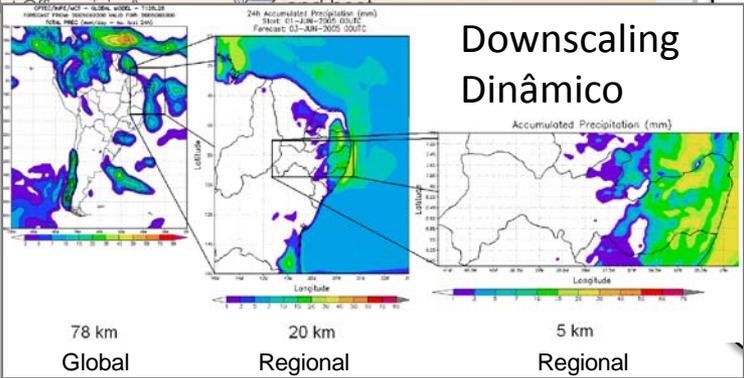
O papel da modelagem climática e hidrológica

Modelagem climática (MCG)



A simplified representation of a 3-d climate model. The model has columns of boxes covering the globe. On each timestep, the climate of a box and exchanges with adjacent boxes are calculated.

(redrawn from a M...

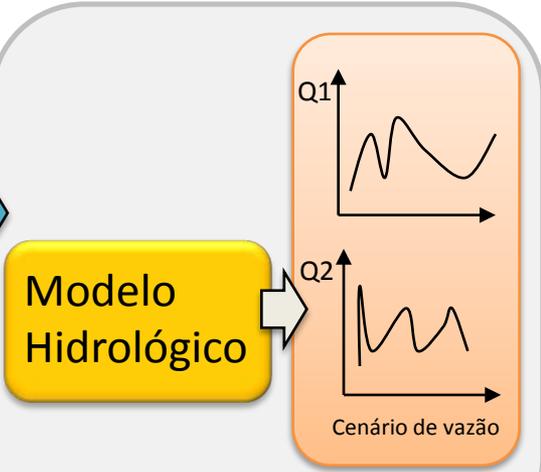


Downscaling



Refinamento da informação proveniente dos MCGs para escala da bacia hidrográfica.

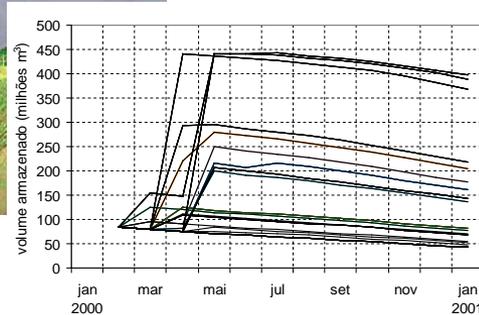
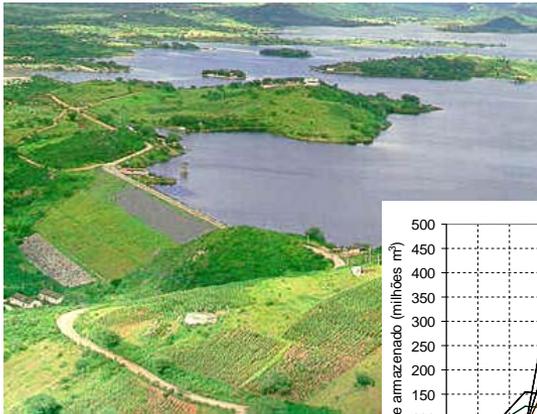
Modelagem Hidrológica



Simulação/previsão dos processos hidrológicos na escala da bacia hidrográfica com o uso de modelos hidrológicos.

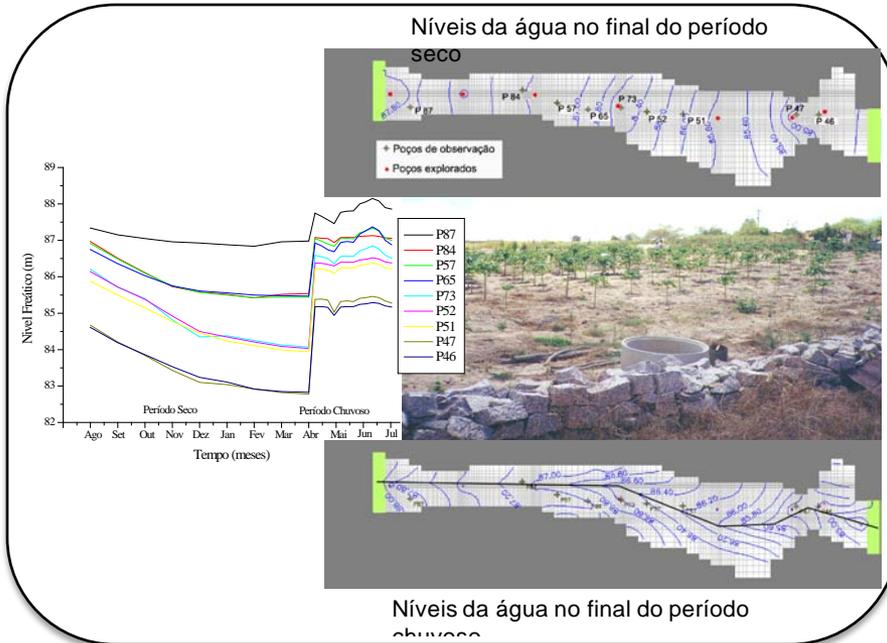
Aplicações das previsões em recursos hídricos

Previsão de níveis e volumes de reservatórios

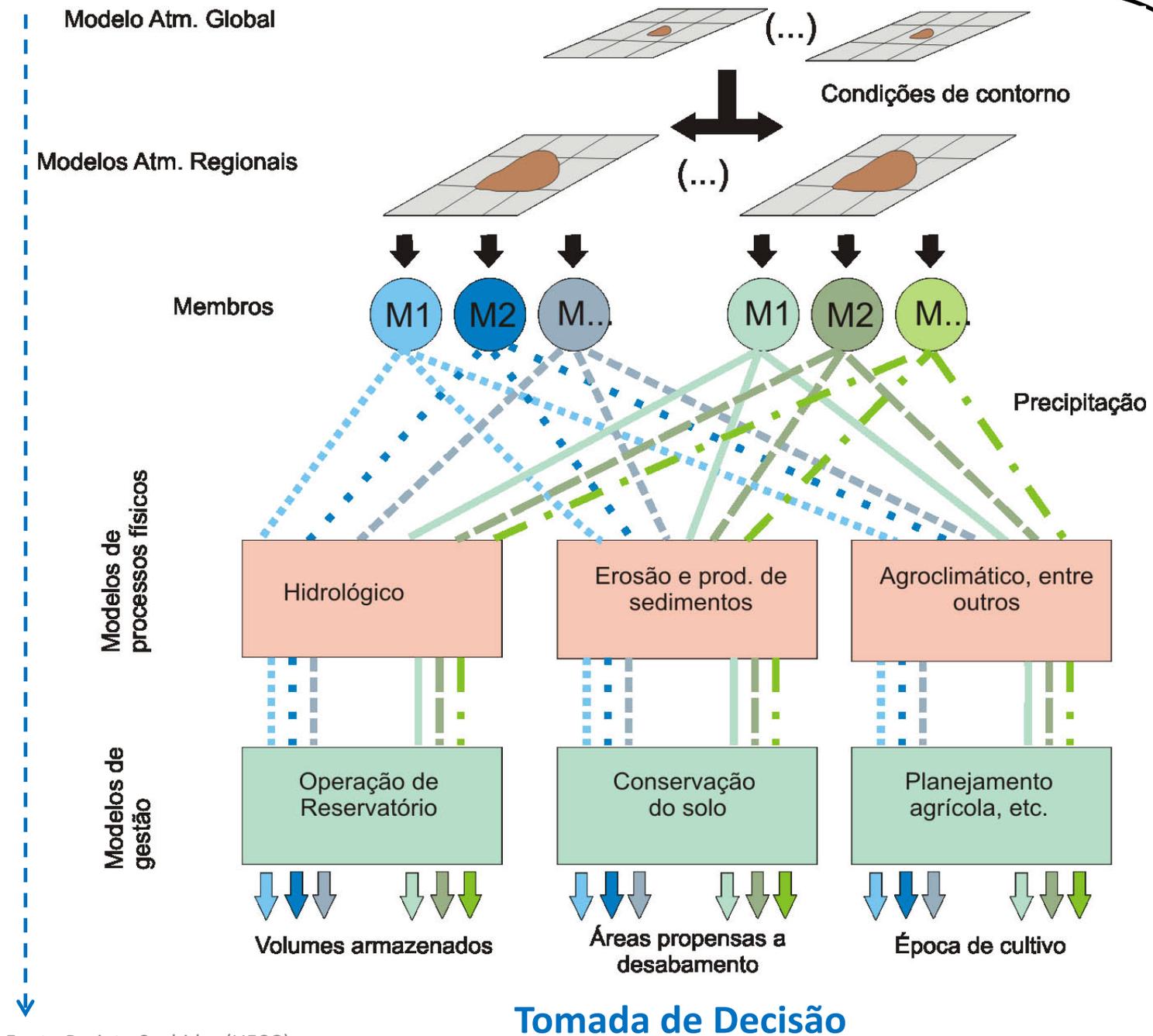


Gestão de Reservatórios: previsão do volume armazenado

Previsão de recarga de aquíferos

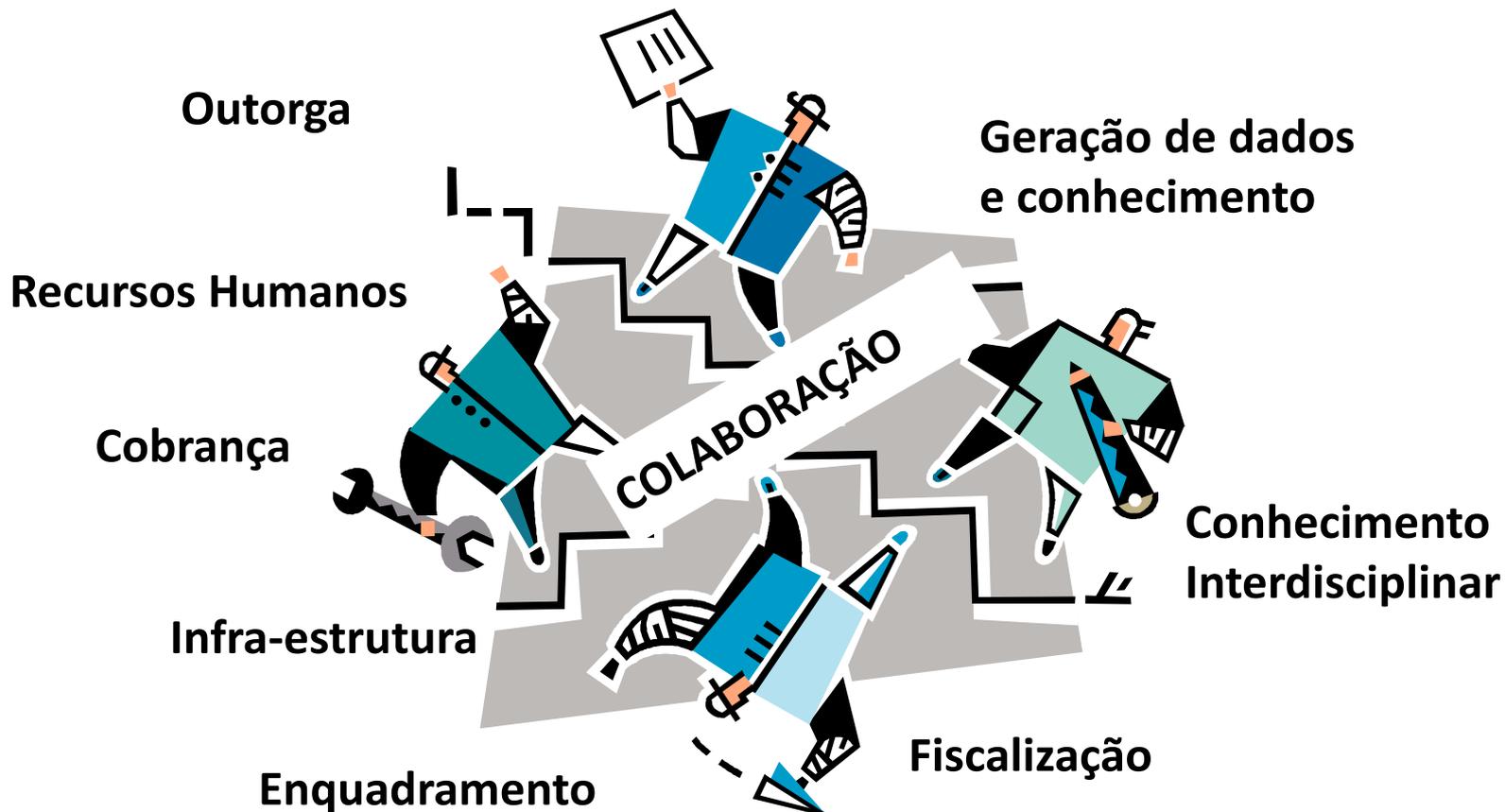


Cascata de modelos que podem ser usados para apoiar a tomada de decisão



Aspectos da Gestão dos Recursos Hídricos

Ciclo Virtuoso



Aspectos da Gestão dos Recursos Hídricos

- Aspectos legais
 - Legislação federal, estadual e municipal
- Aspectos Institucionais
 - Instituições bem estruturadas para manter os instrumentos de gestão funcionando
- Aspectos Técnicos
 - Recursos humanos e instrumentos tecnológicos
- Aspectos Econômicos
 - Modelos de cobrança, externalidades ambientais,

Desafios para gestão de recursos hídricos em ambientes com alta variabilidade

(Souza Filho, 2003)

- **Análise de vulnerabilidade;**
- **Inclusão da água na agenda política;**
- **Gestão da oferta** (infra-estrutura hídrica para mitigar os efeitos da variabilidade e/ou mudança climática);
- **Gerenciamento da demanda** (cadastro de usuário, hidrometração, outorga, cobrança, educação ambiental);
- **Gerenciamento do risco** (cenários futuros com a inclusão das incertezas devido a variabilidade e mudança do clima);
- **Melhorar os modelos de previsão;**