

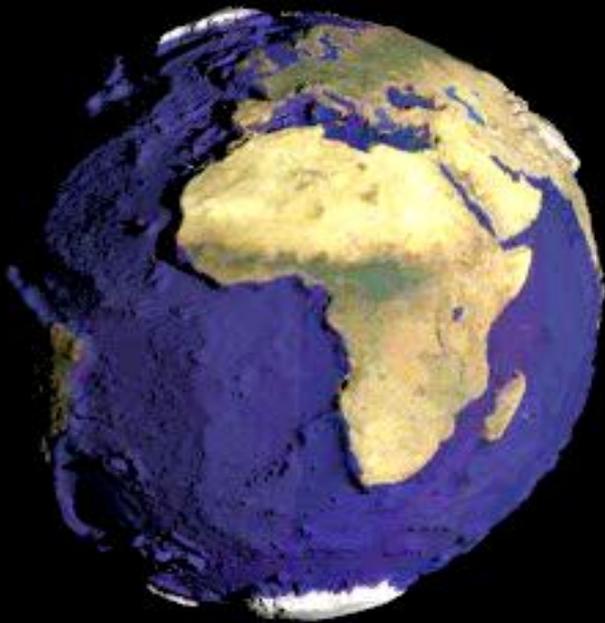
Tecnologia Espacial na Previsão de Tempo e na Prevenção de Desastres Naturais

Dr. Giovanni Dolif

***Centro de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais –
CEMADEN- MCTI***

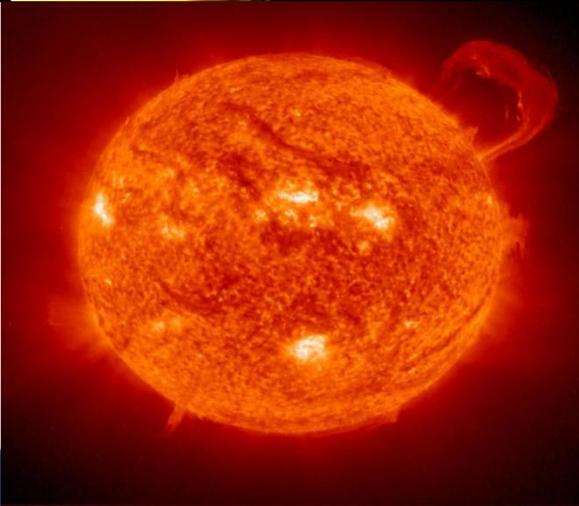
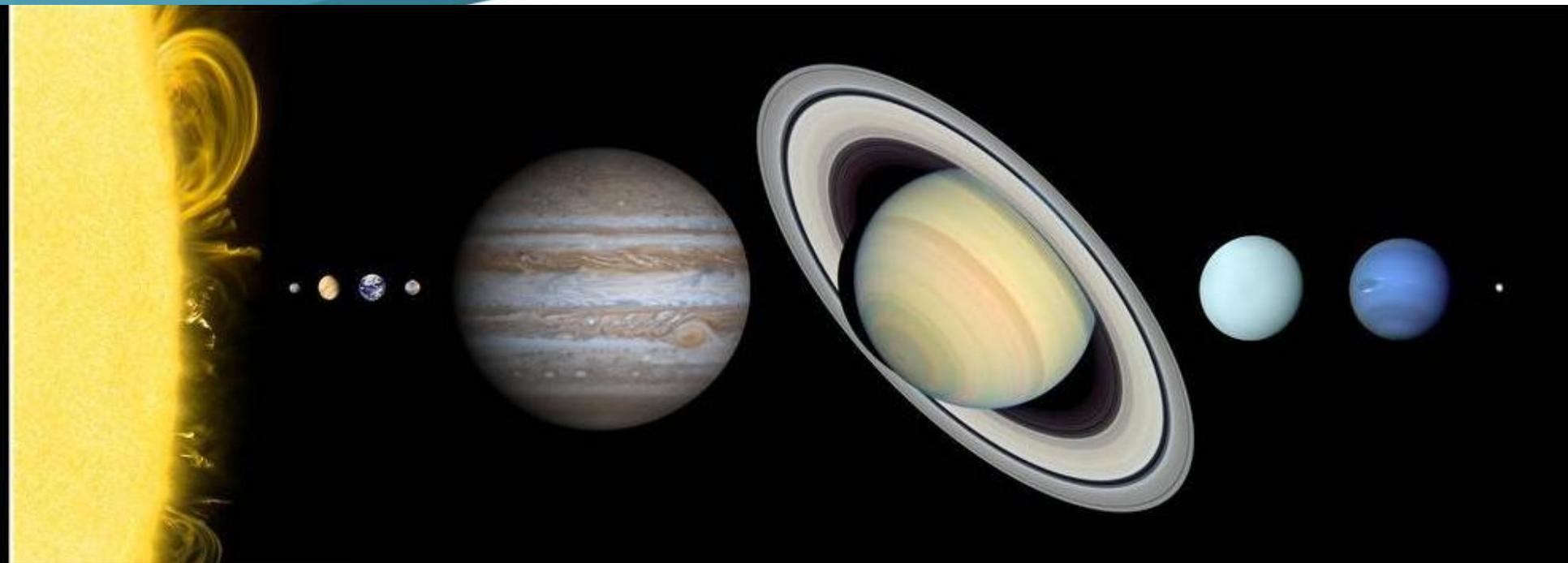
São José dos Campos, 12 de julho de 2017

1. PREVISÃO DE TEMPO: UM DESAFIO

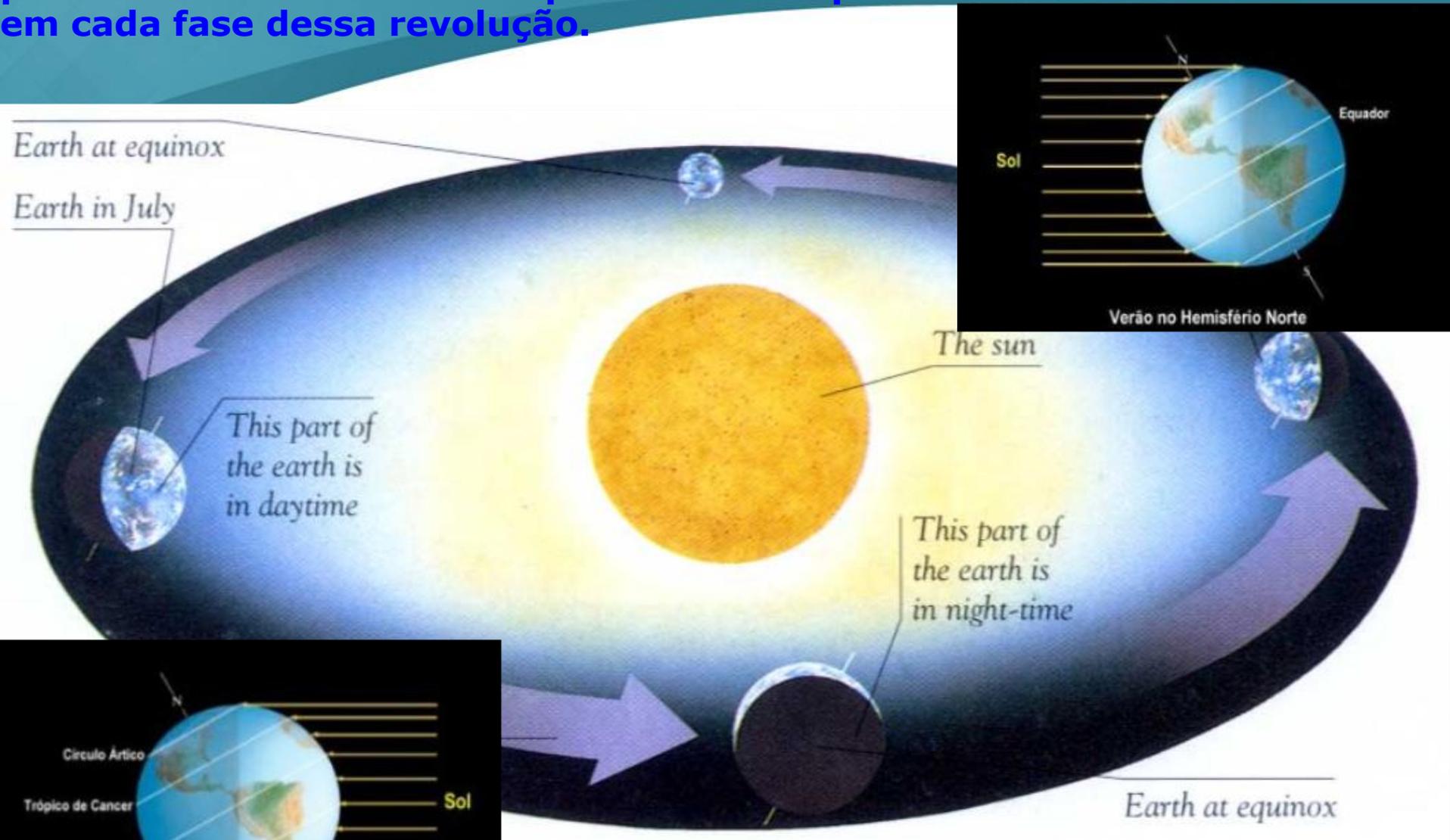


- Imagine uma esfera girando com diâmetro de 13 mil km, com uma superfície irregular e envolvida por uma mistura de gases com 40 km de espessura, cujas concentrações variam no tempo e no espaço,□

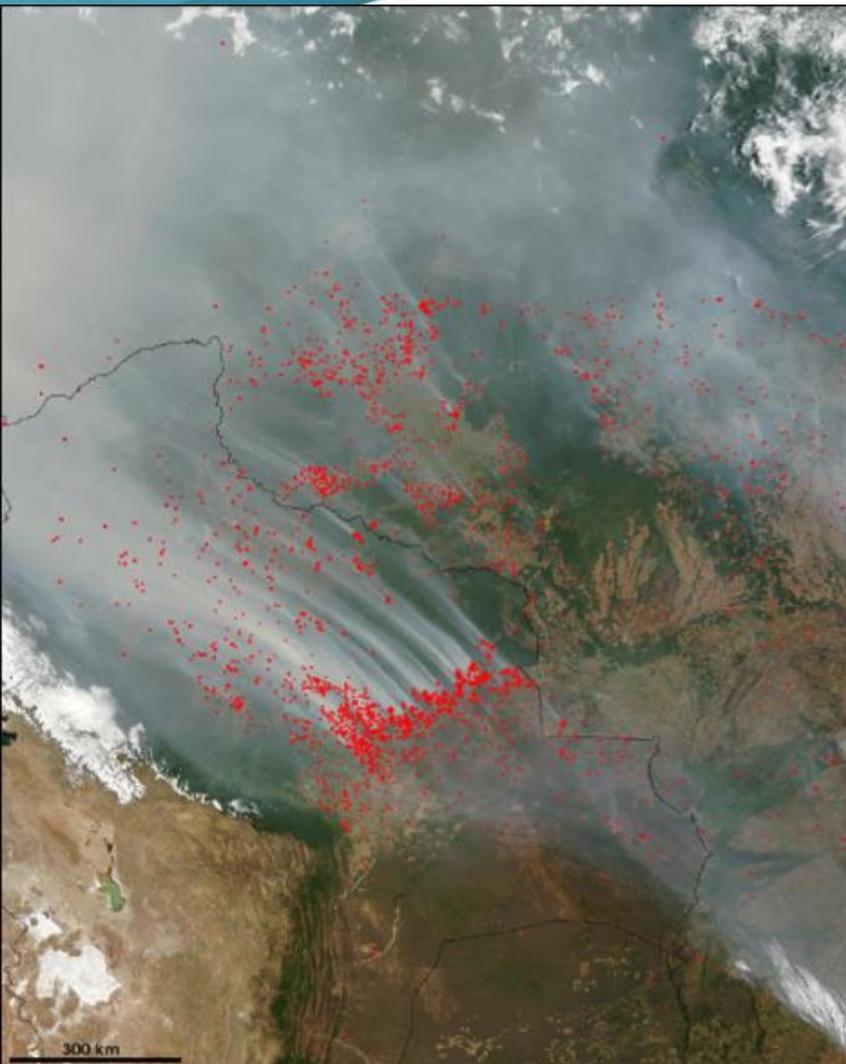
.... aquecida junto com os gases por um gigantesco reator nuclear a uma distância de 150 milhões de km.



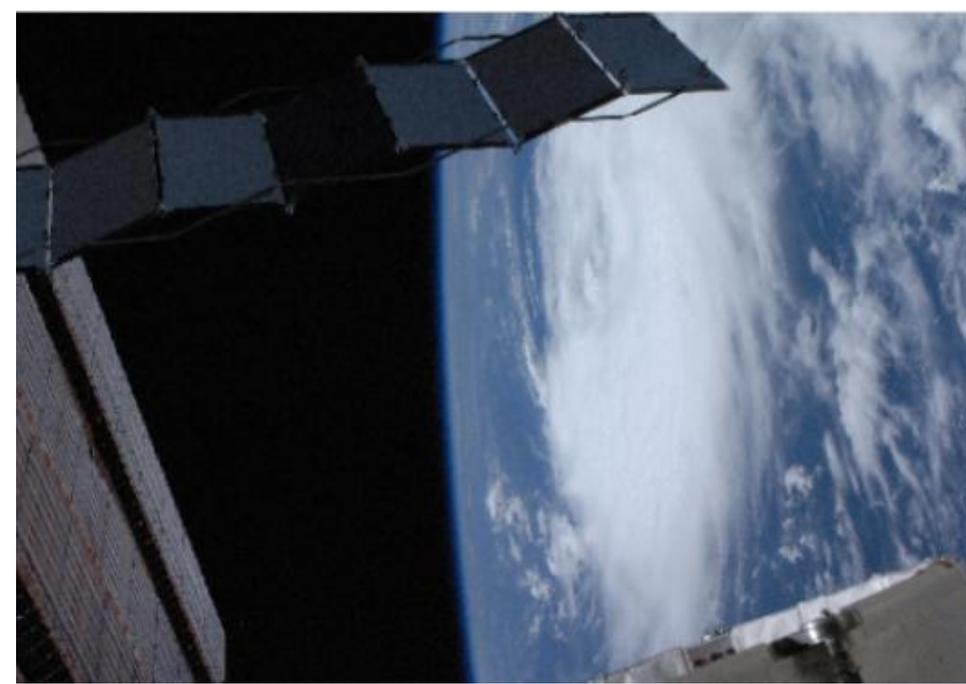
Agora imagine também que essa esfera faz um movimento de translação em volta desse reator nuclear e que umas partes da esfera são mais aquecidas mais que outras em cada fase dessa revolução.



E imagine ainda que essa mistura de gases recebe continuamente entradas da superfície abaixo, geralmente calmas, mas as vezes são injeções muito rápidas e localizadas.



Então, finalmente, imagine que depois de olhar pra essa mistura de gases, espera-se que você preveja seu estado num determinado ponto da superfície da esfera num instante futuro um, dois, três ou mais dias pra frente. Esse é, essencialmente, a tarefa encarada dia-a-dia pelo previsor meteorológico.



Temporal em Palhoça

Fonte: RBS

Imagine uma esfera girando com diâmetro de 13 mil km, com uma superfície irregular e envolvida por uma mistura de gases com 40 km de espessura, cujas concentrações variam no tempo e no espaço e aquecida junto com esses gases por um gigantesco reator nuclear a uma distância de 150 milhões de km.

Agora imagine também que essa esfera faz um movimento de translação em volta desse reator nuclear e que umas partes da esfera são mais aquecidas que outras em cada fase dessa revolução.

E imagine ainda que essa mistura de gases recebe continuamente entradas da superfície abaixo, geralmente calmas, mas as vezes são injeções muito rápidas e localizadas.

Então, finalmente, imagine que depois de olhar pra essa mistura de gases, espera-se que você preveja seu estado num determinado ponto da superfície da esfera num instante futuro um, dois, três ou mais dias pra frente. Esse é, essencialmente, a tarefa encarada dia-a-dia pelo previsor meteorológico.

"On the difficulty of weather forecasting", Bob Ryan, Bulletin of the American Meteorological Society, 1982.

Sistema de equações em coordenada η

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\partial p}{\partial \eta} \mathbf{v} \right) + \nabla_{\eta} \cdot \left(\frac{\partial p}{\partial \eta} \mathbf{v} \mathbf{v} \right) + \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{\partial p}{\partial \eta} \eta \mathbf{v} \right) + \frac{\partial p}{\partial \eta} \left(f \mathbf{k} \times \mathbf{v} + \nabla_{\eta} \Phi + \frac{R_d T_v}{p} \nabla_{\eta} p + F \right) = 0$$

Momento

$$\omega \equiv \frac{dp}{dt} = - \int_0^{\eta} \nabla \cdot \left(\mathbf{v} \frac{\partial p}{\partial \eta} \right) d\eta + \mathbf{v} \cdot \nabla p \quad \text{Movimento Vertical}$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial \eta} = - \frac{R_d T_v}{p} \frac{\partial p}{\partial \eta} \quad \text{Hidrostática}$$

$$\frac{dT}{dt} + \kappa \frac{T \omega}{p} = 0 \quad k = R/C_p$$

Termodinâmica

$$\frac{dq}{dt} + q' = S$$

$$\frac{1}{\eta_s} \frac{\partial p_s}{\partial t} + \nabla_{\eta} \cdot \left(\mathbf{v} \frac{\partial p}{\partial \eta} \right) + \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\eta \frac{\partial p}{\partial \eta} \right) = 0$$

$$\frac{\partial p_s}{\partial t} = - \int_0^{\eta_s} \nabla_{\eta} \cdot \left(\mathbf{v} \frac{\partial p}{\partial \eta} \right) d\eta$$

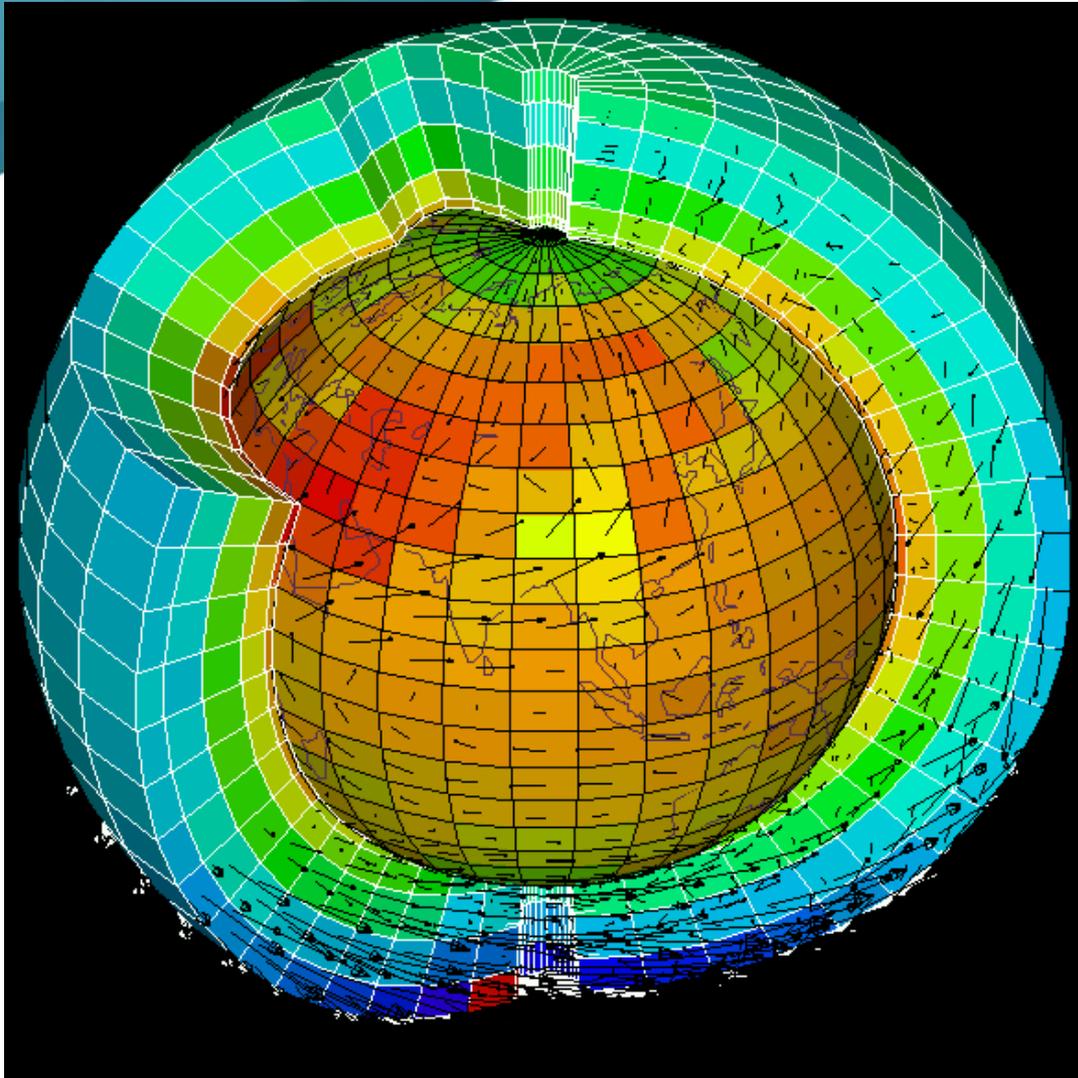
Continuidade

$$\frac{\partial p_s}{\partial \eta} = - \frac{\eta}{\eta_s} \frac{\partial p}{\partial t} - \int_0^{\eta} \nabla_{\eta} \cdot \left(\mathbf{v} \frac{\partial p}{\partial \eta} \right) d\eta$$

Richardson - 1922
64 mil pessoas
calculando
previsão de 24 horas



Modelos Numéricos de Previsão de Tempo são enormes programas de computador que se baseiam em equações matemáticas das leis fundamentais dos movimentos de um fluido, da termodinâmica e da transferência radiativa.



Previsões Numéricas CPTEC-INPE (desde 1994)

**O CPTEC apresenta
índices de acerto
comparáveis aos maiores
Centros de Previsão do
Mundo**



6/22/2009

Sistema de Previsão de Tempo Atual



Boletins

Região Sul

QV11 - Litoral do RS, litoral de SC e do PI: céu variado, com nuvens baixas e chuva leve. As temperaturas estarão amenas no litoral. As temperaturas máximas serão de 27°C no norte do PI.

QV12 - Litoral de SC e do PI: céu variado entre variado e parcialmente nublado. O vento sopra do Nordeste, com pouca chuva no litoral. As temperaturas estarão em abafado no litoral. As temperaturas serão variadas entre 27°C na Serra Capinzeira e 27°C no litoral do PI.

QV13 - Orlado do Espírito Santo: tempo parcialmente nublado. O vento sopra do sul no litoral com chuva intermitente. As temperaturas estarão em abafado.

Tempestades - O Vento sopra do sul no litoral com chuva intermitente. O Vento sopra do sul no litoral com chuva intermitente. As temperaturas estarão amenas.

Avisos

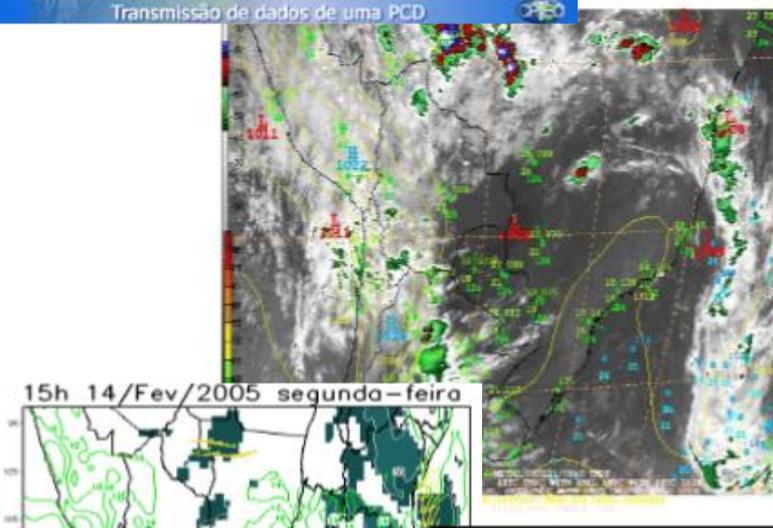
Avisos Meteorológicos

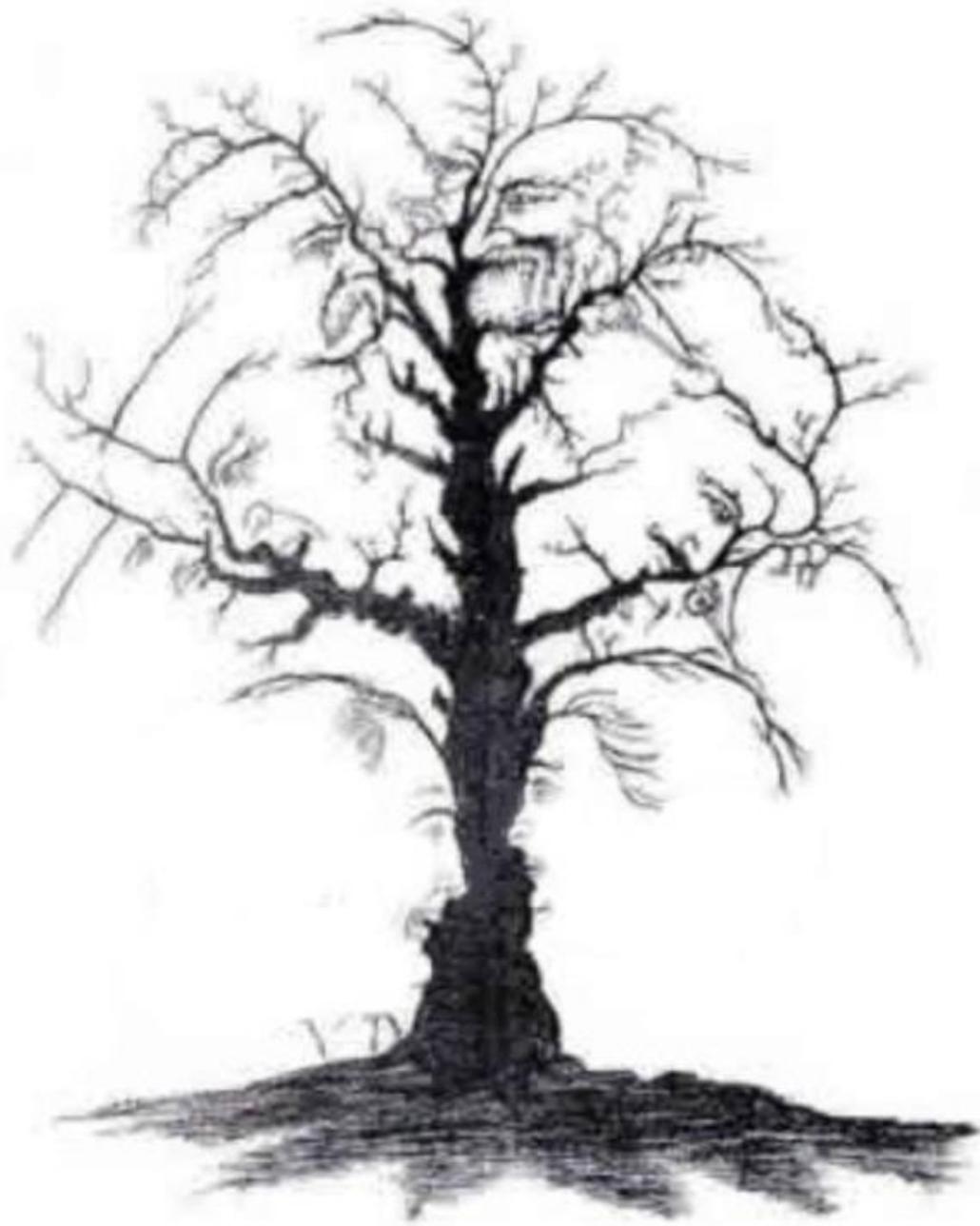
Chuvas contínuas no sul da BA e Recôncavo Baiano

Nos dias 21 e 22/02 ainda haverá muita instabilidade que provocará chuvas no sul da BA e no Recôncavo Baiano. Em algumas localidades as chuvas poderão ser fortes. Nos dias 23 e 24/02 as chuvas diminuem nessas áreas.

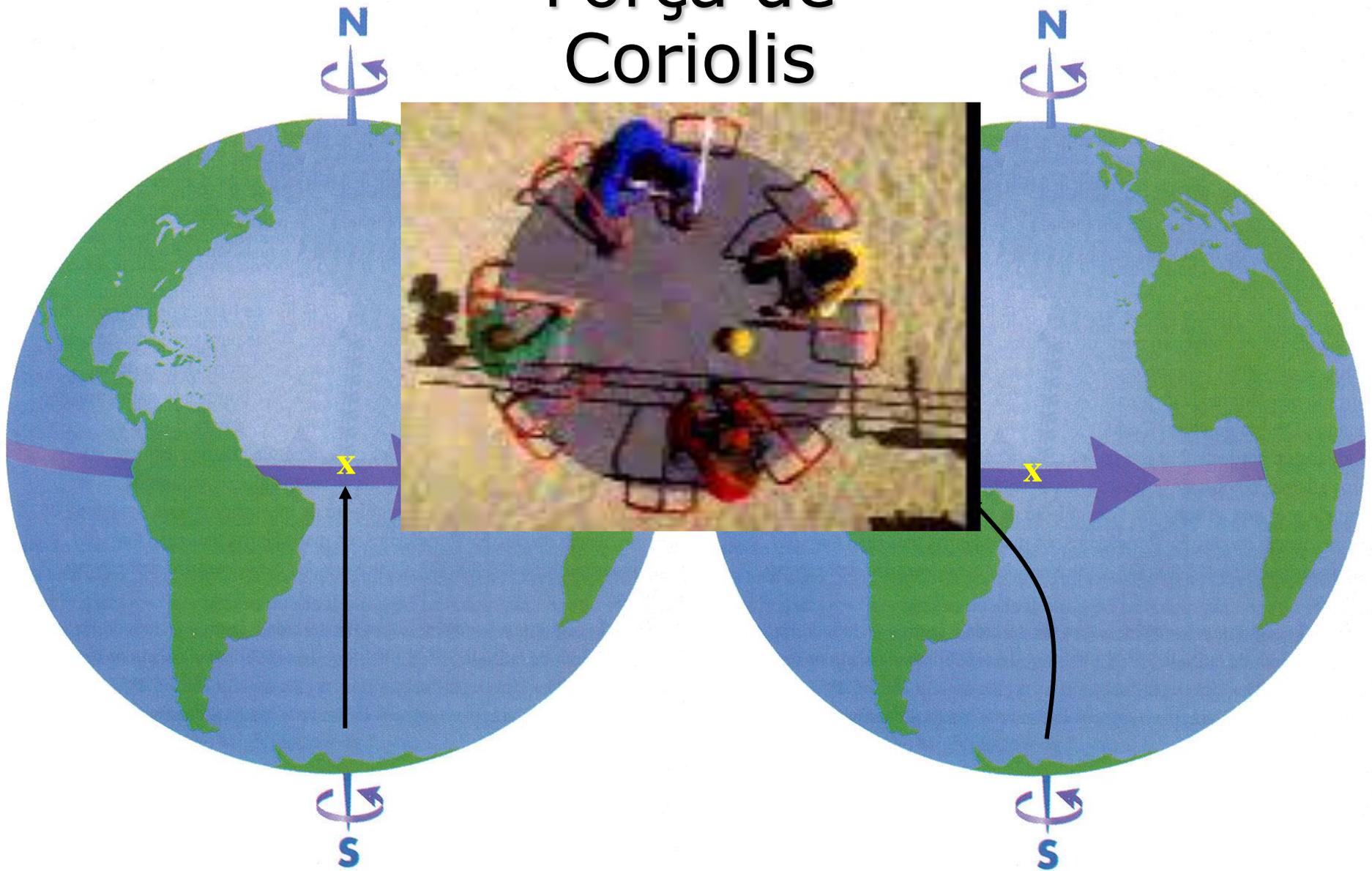
Probabilidade de ocorrência: ALTA. Quando a probabilidade de ocorrência do fenômeno é maior que 70%.

Atualizado: 21/02/2005 08:57:00

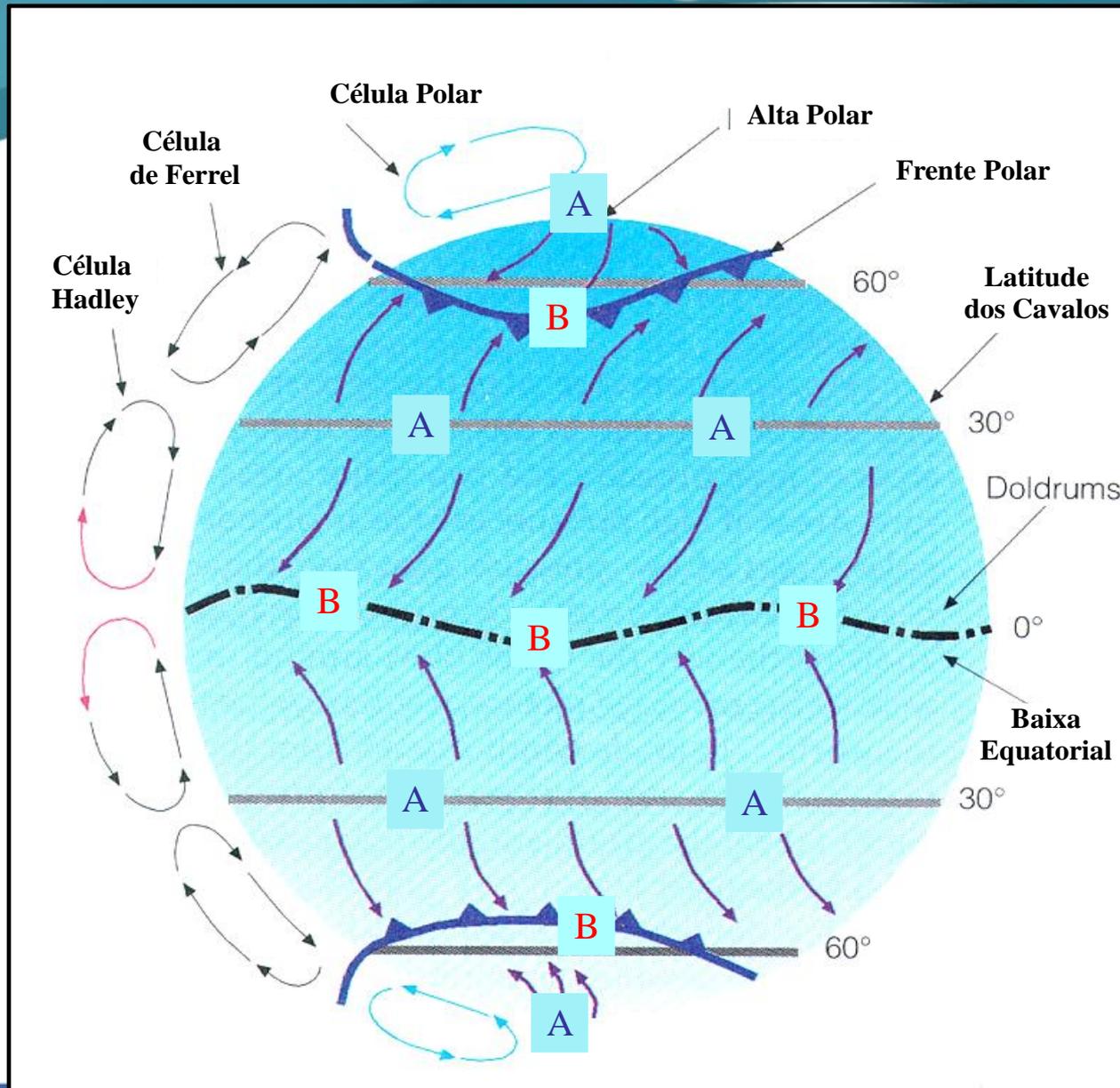


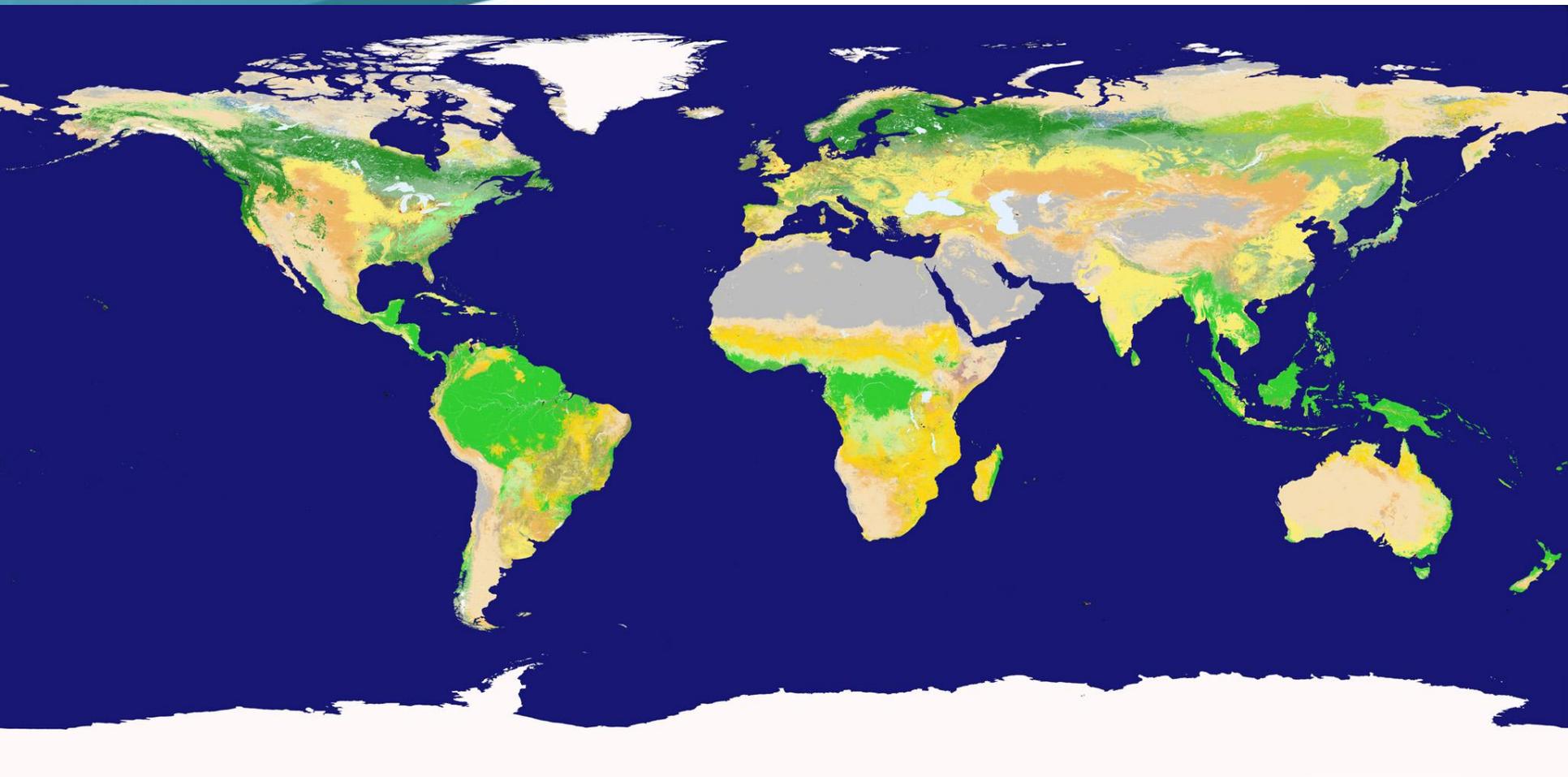


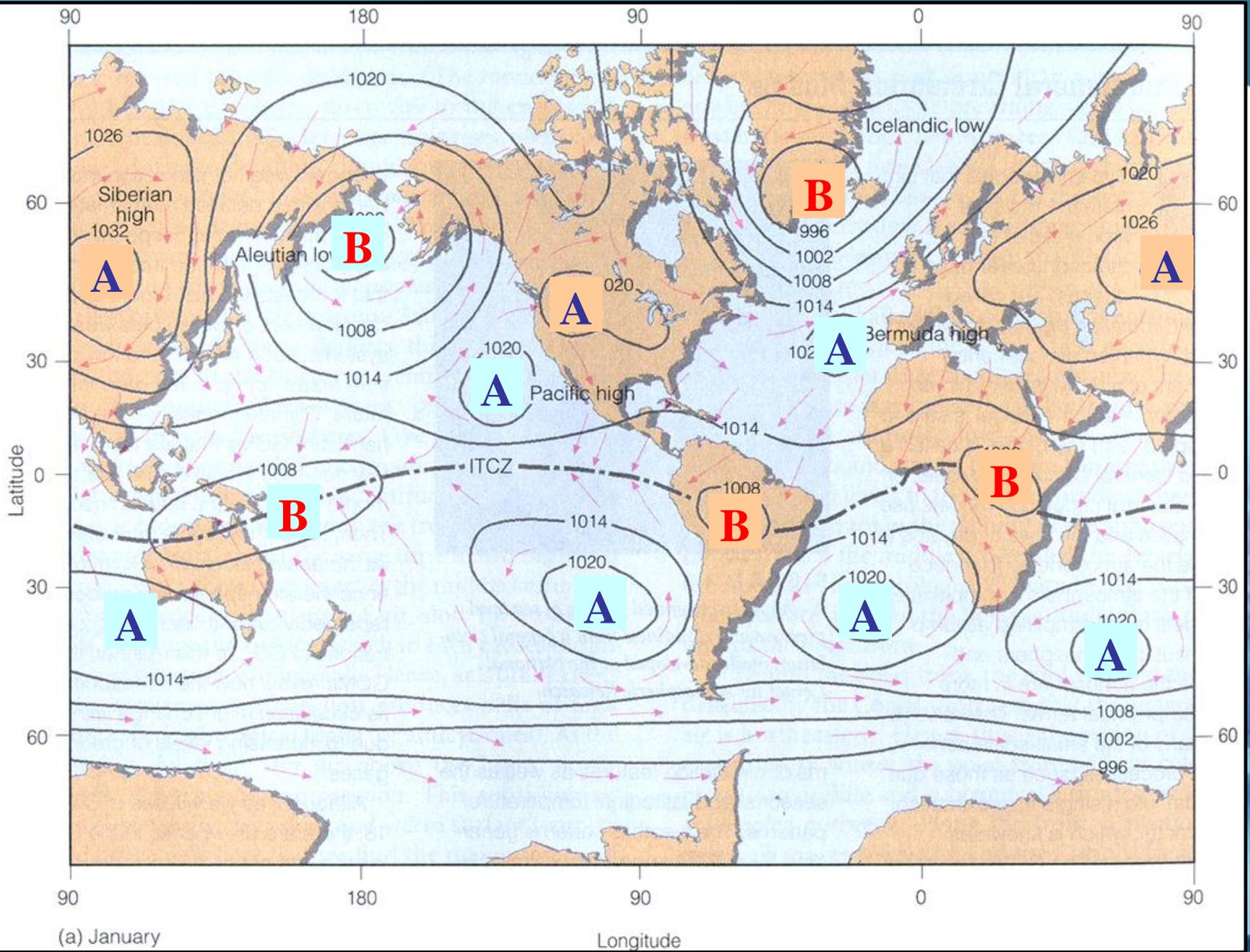
Força de Coriolis



Terra homogênea



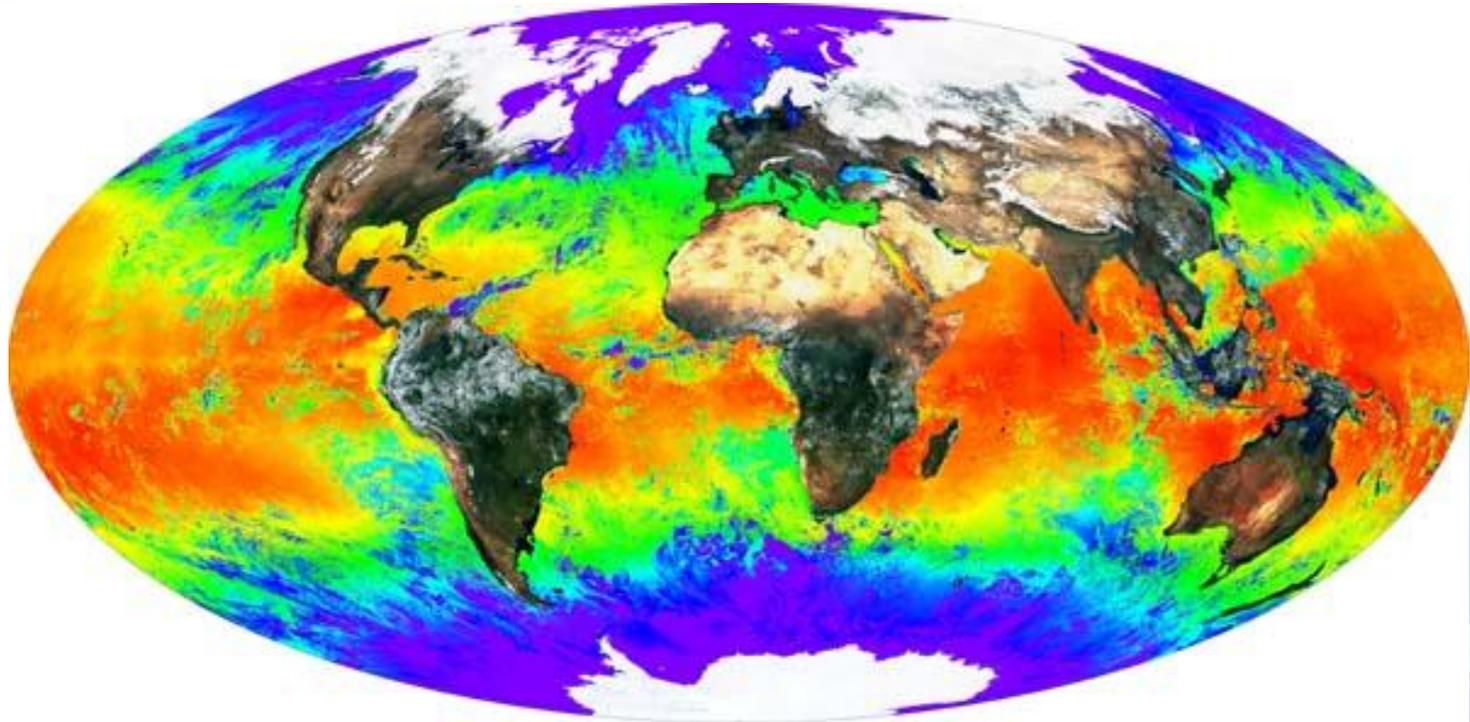




(a) January

Longitude

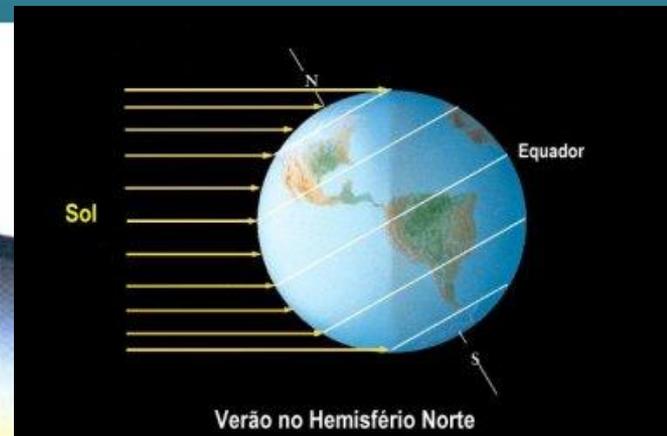
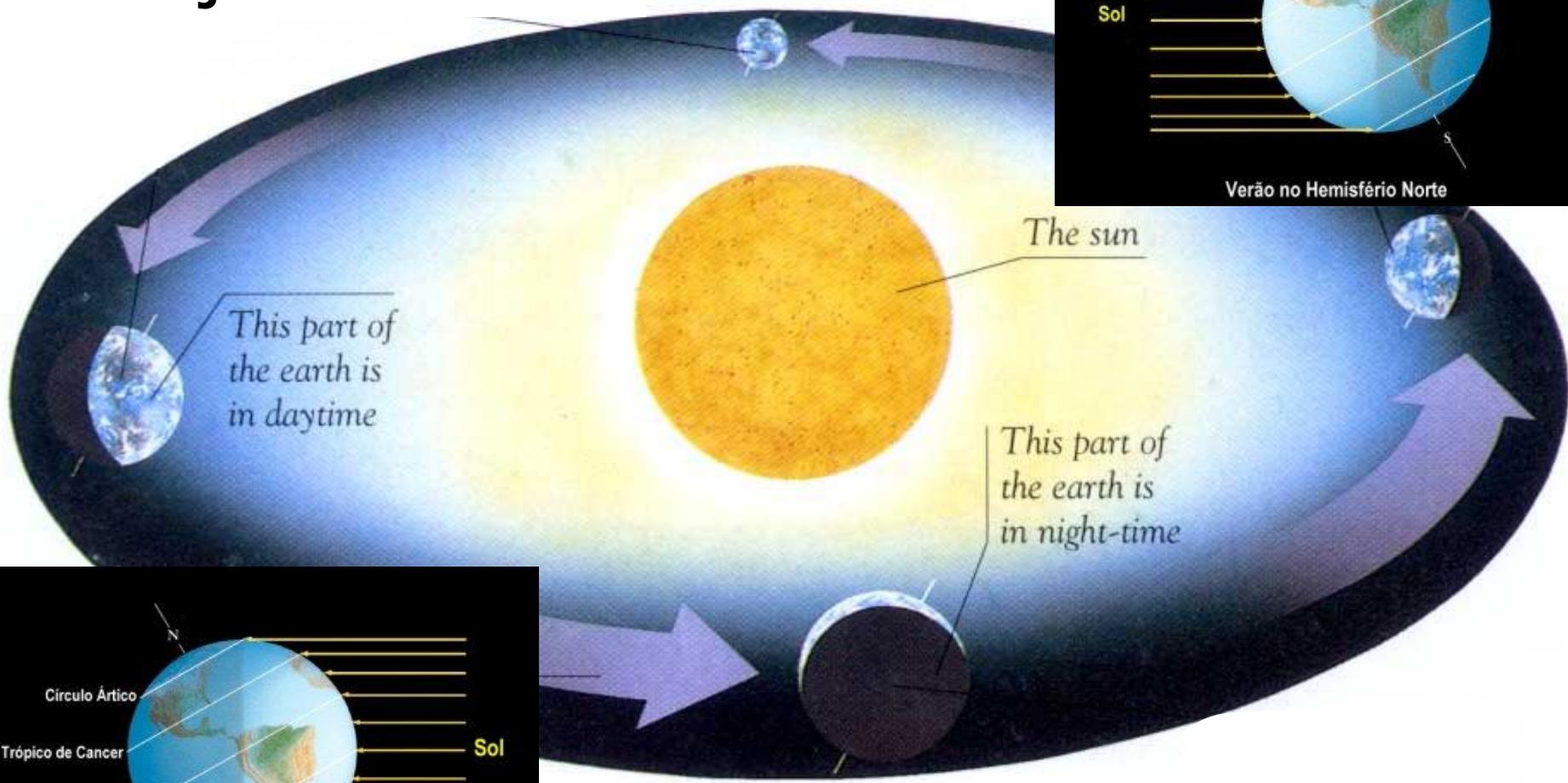
Temperatura da Superfície



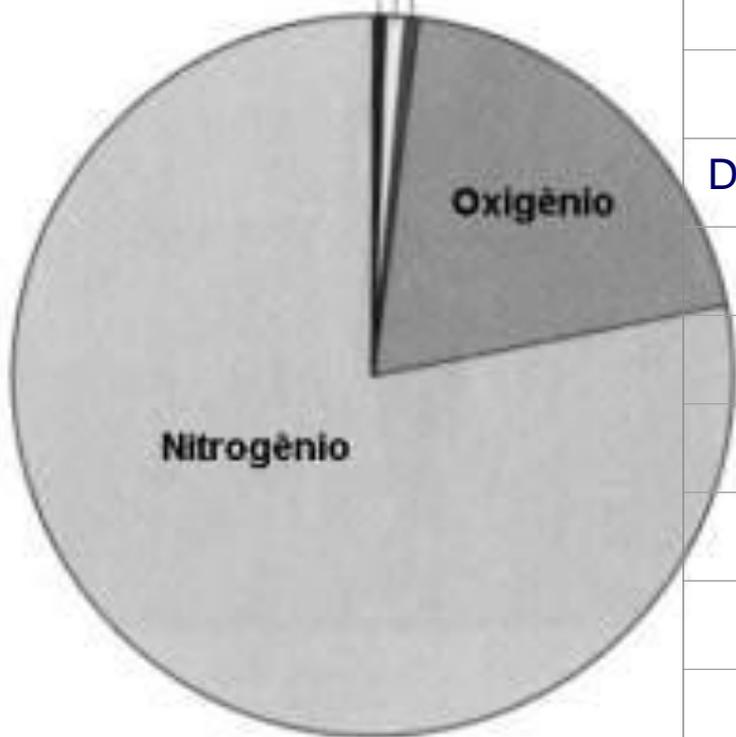
Fonte: NASA

Dia e Noite

Estações do ano



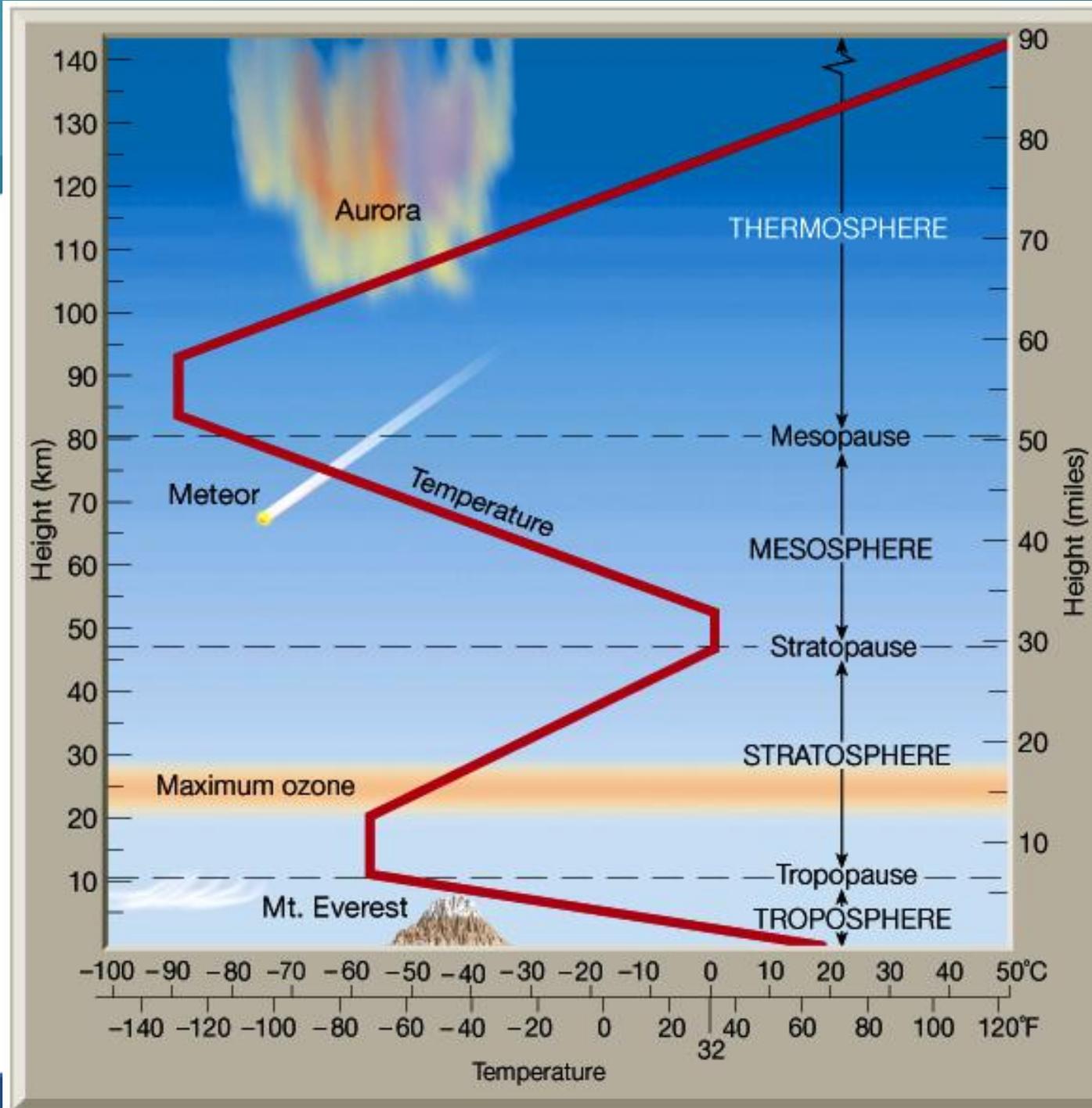
Dióxido de Carbono
Argônio
Outros



composição do ar seco

Gás	Porcentagem	Partes por Milhão
Nitrogênio	78,08	780.000,0
Oxigênio	20,95	209.460,0
Argônio	0,93	9.340,0
Dióxido de carbono	0,037	370,0
Neônio	0,0018	18,0
Hélio	0,00052	5,2
Metano	0,00014	1,4
Kriptônio	0,00010	1,0
Óxido nitroso	0,00005	0,5
Hidrogênio	0,00005	0,5
Ozônio	0,000007	0,07
Xenônio	0,000009	0,09

Estrutura da Atmosfera

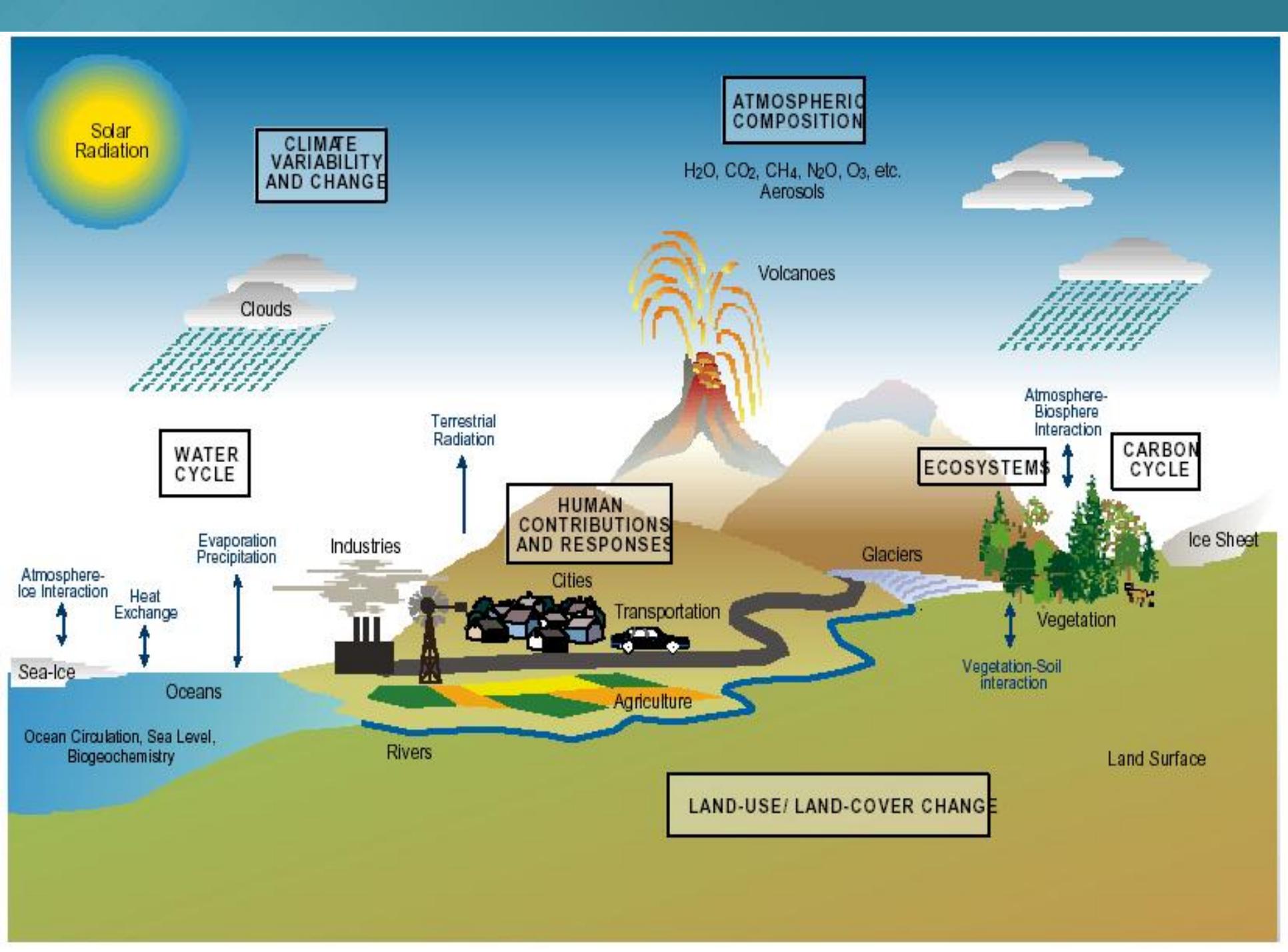


Ciclo da Água



U.S. Department of the Interior
U.S. Geological Survey

<http://ga.water.usgs.gov/edu/watercycle.html>



Solar Radiation

CLIMATE VARIABILITY AND CHANGE

ATMOSPHERIC COMPOSITION

H_2O , CO_2 , CH_4 , N_2O , O_3 , etc.
Aerosols

Clouds

Volcanoes

WATER CYCLE

Terrestrial Radiation

ECOSYSTEMS

CARBON CYCLE

HUMAN CONTRIBUTIONS AND RESPONSES

Industries

Cities

Transportation

Glaciers

Ice Sheet

Atmosphere-Ice Interaction

Heat Exchange

Evaporation
Precipitation

Oceans

Ocean Circulation, Sea Level,
Biogeochemistry

Rivers

Agriculture

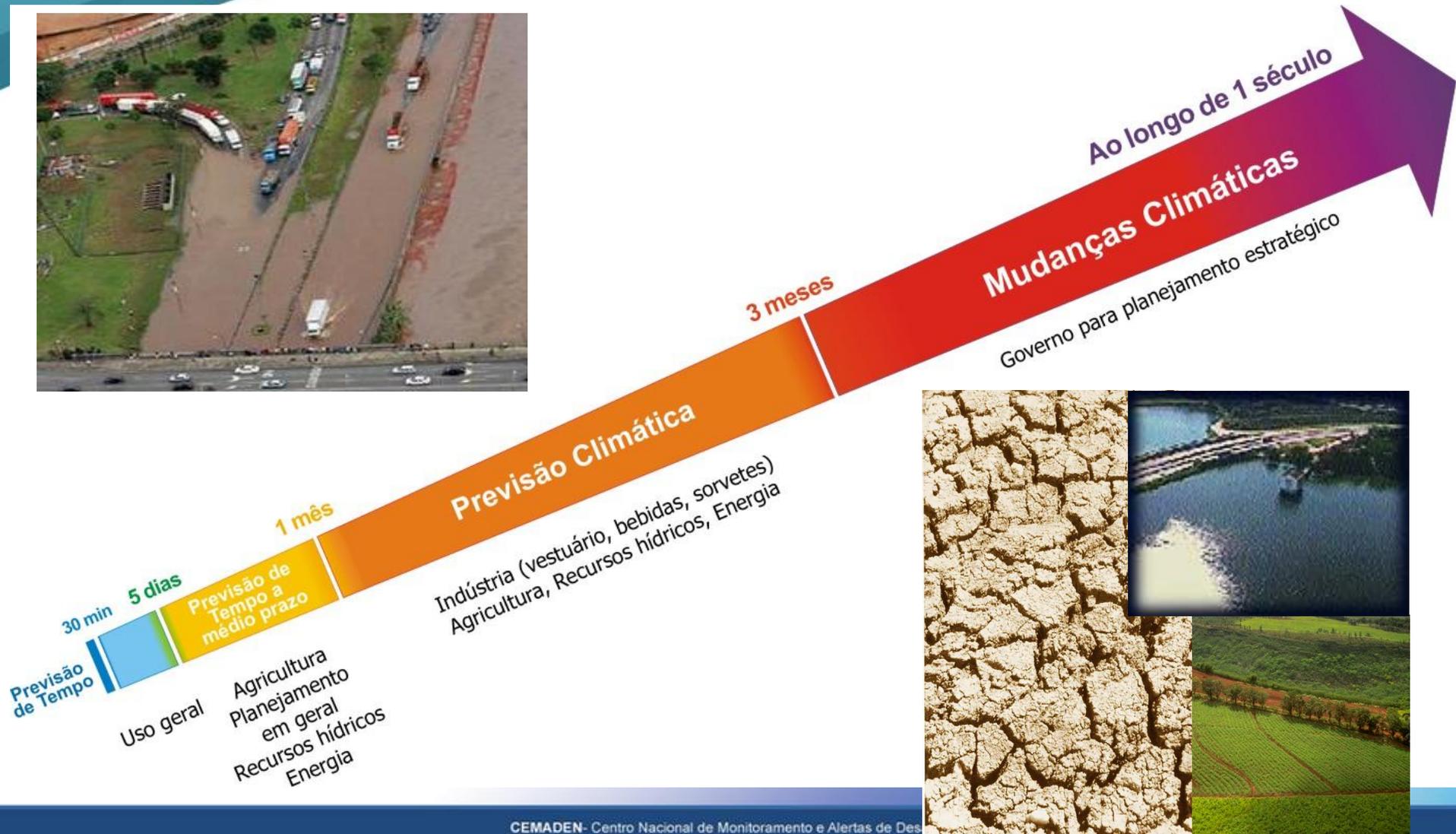
Vegetation

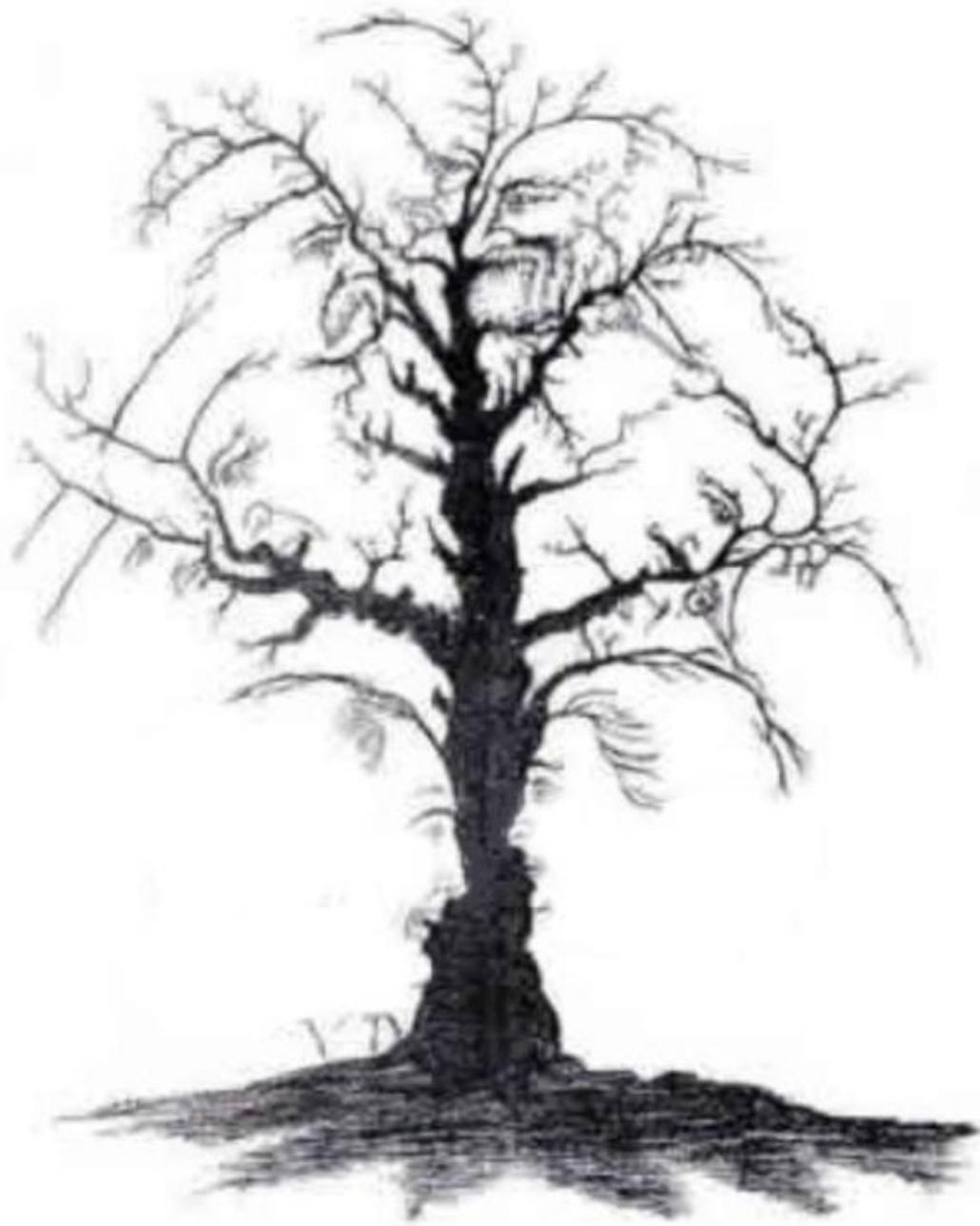
Vegetation-Soil
interaction

Land Surface

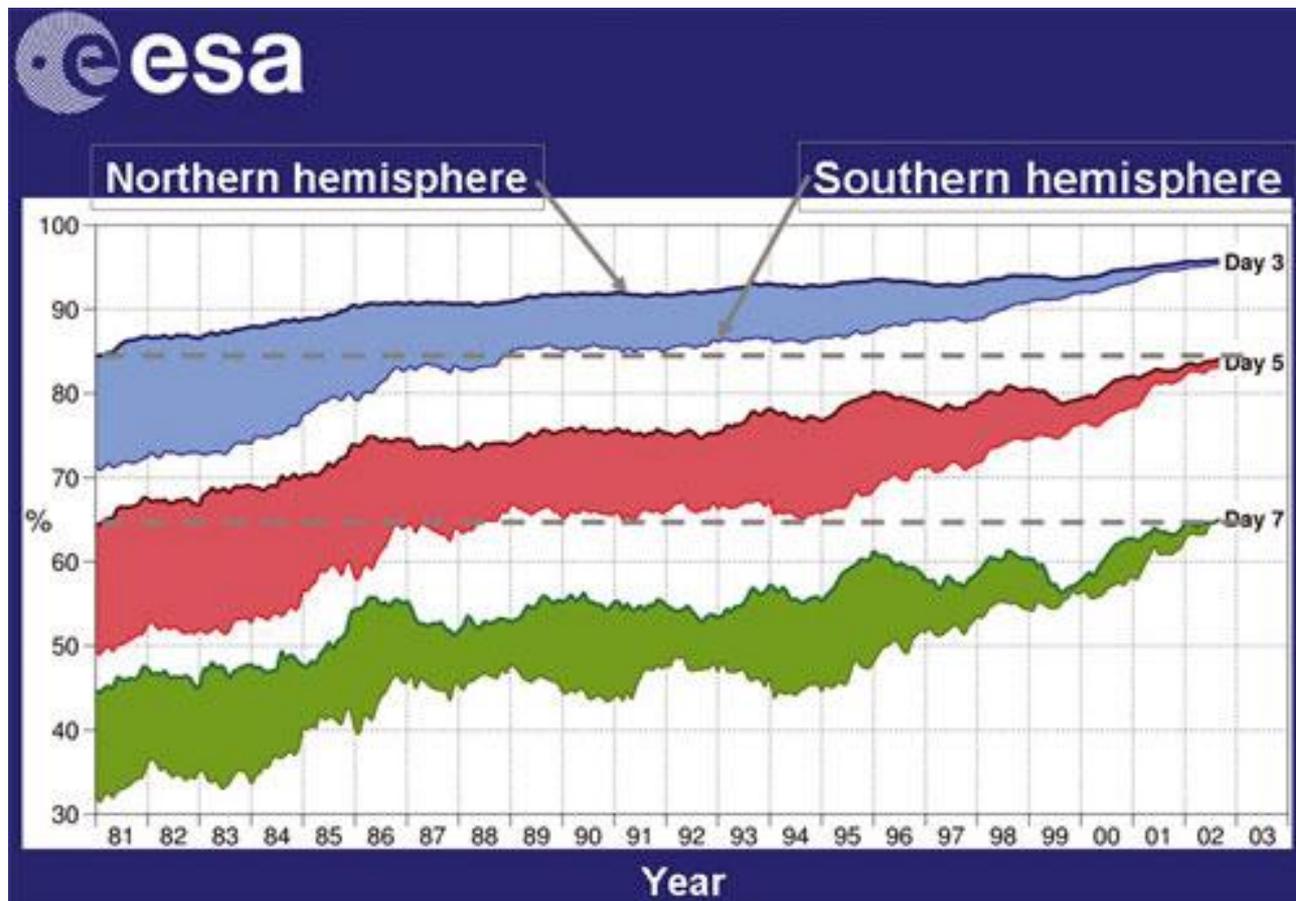
LAND-USE/ LAND-COVER CHANGE

Previsão e Usuários

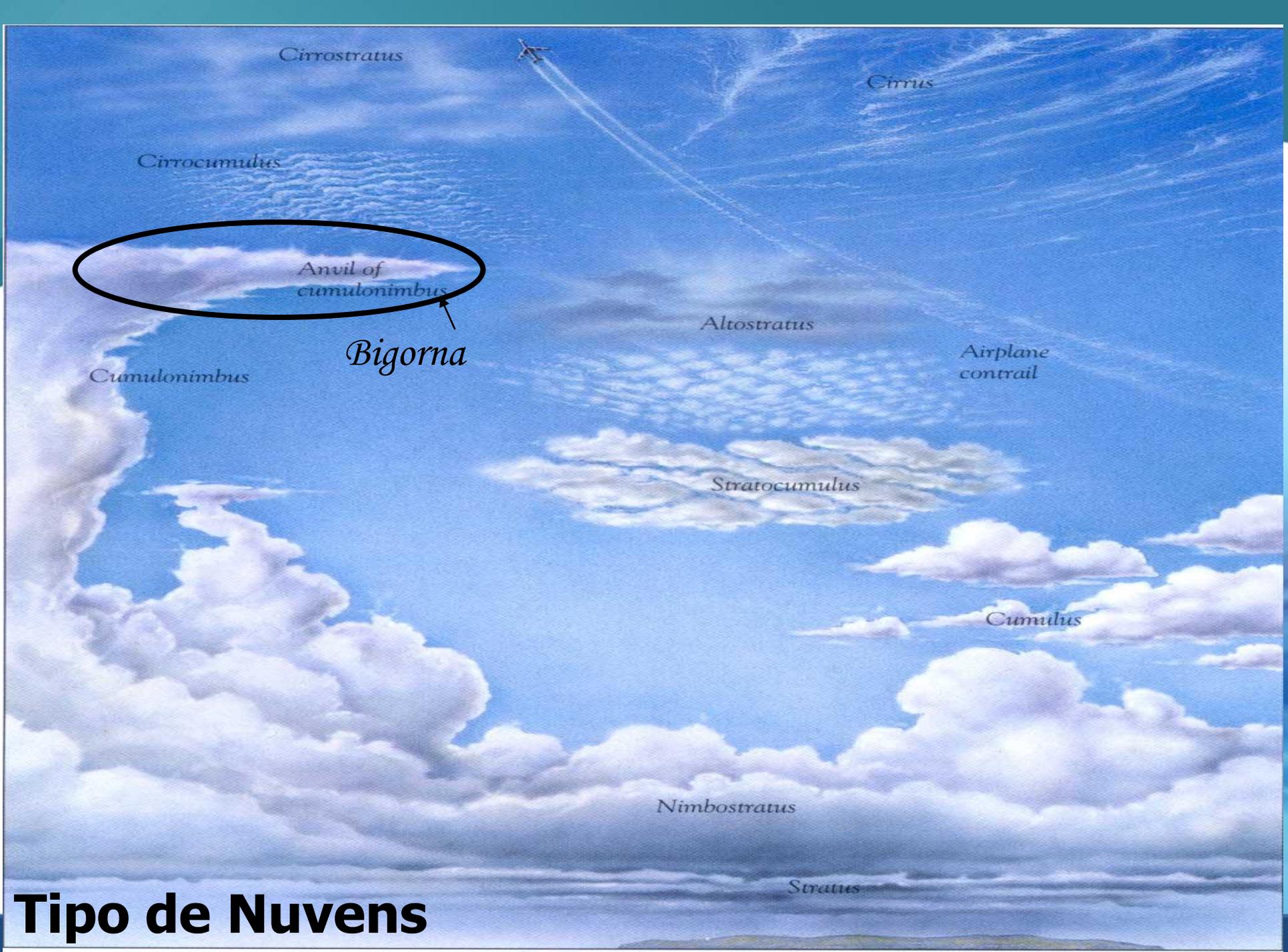




Sensoriamento Remoto: Um novo capítulo na História da Previsão de Tempo



2. SISTEMAS METEOROLÓGICOS



Cirrostratus

Cirrus

Cirrocumulus

Anvil of
cumulonimbus

Bigorna

Cumulonimbus

Altostratus

Airplane
contrail

Stratocumulus

Cumulus

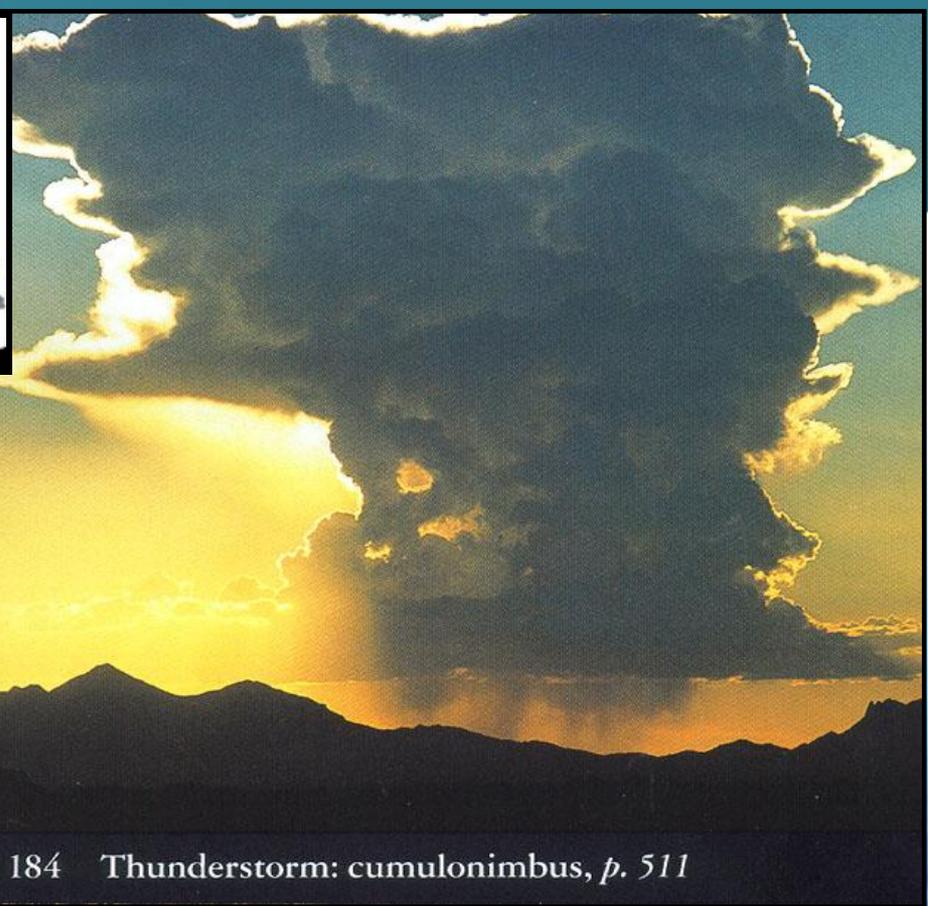
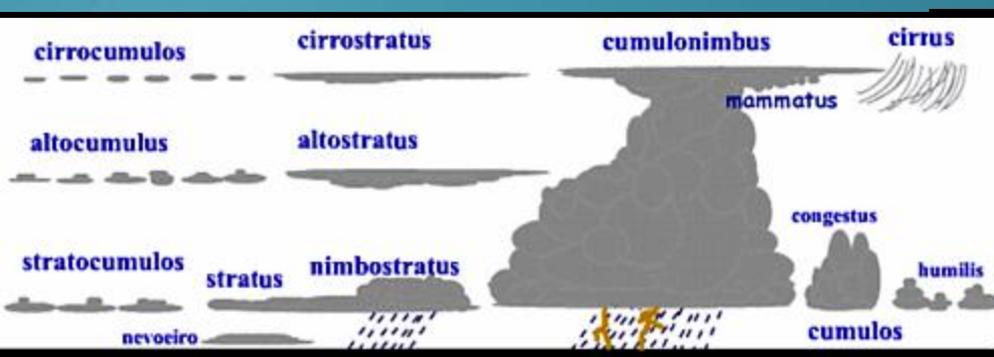
Nimbostratus

Stratus

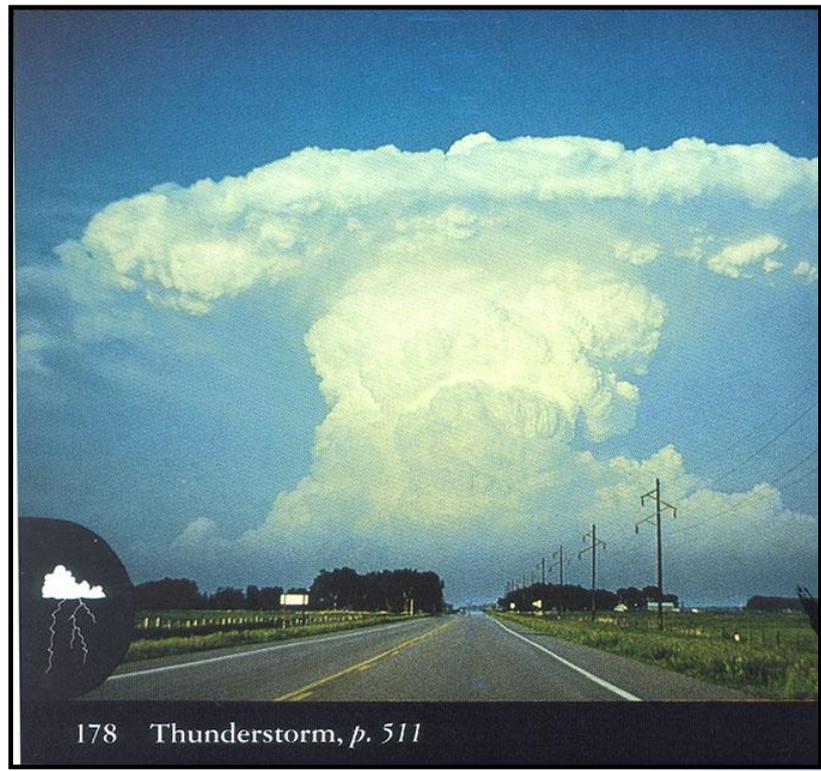
Tipo de Nuvens



As Nuvens

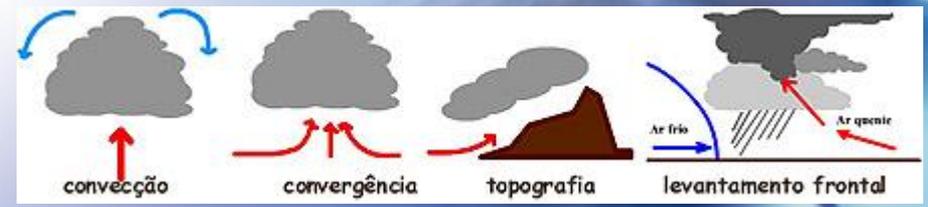


Tipos de Nuvens



178 Thunderstorm, p. 511

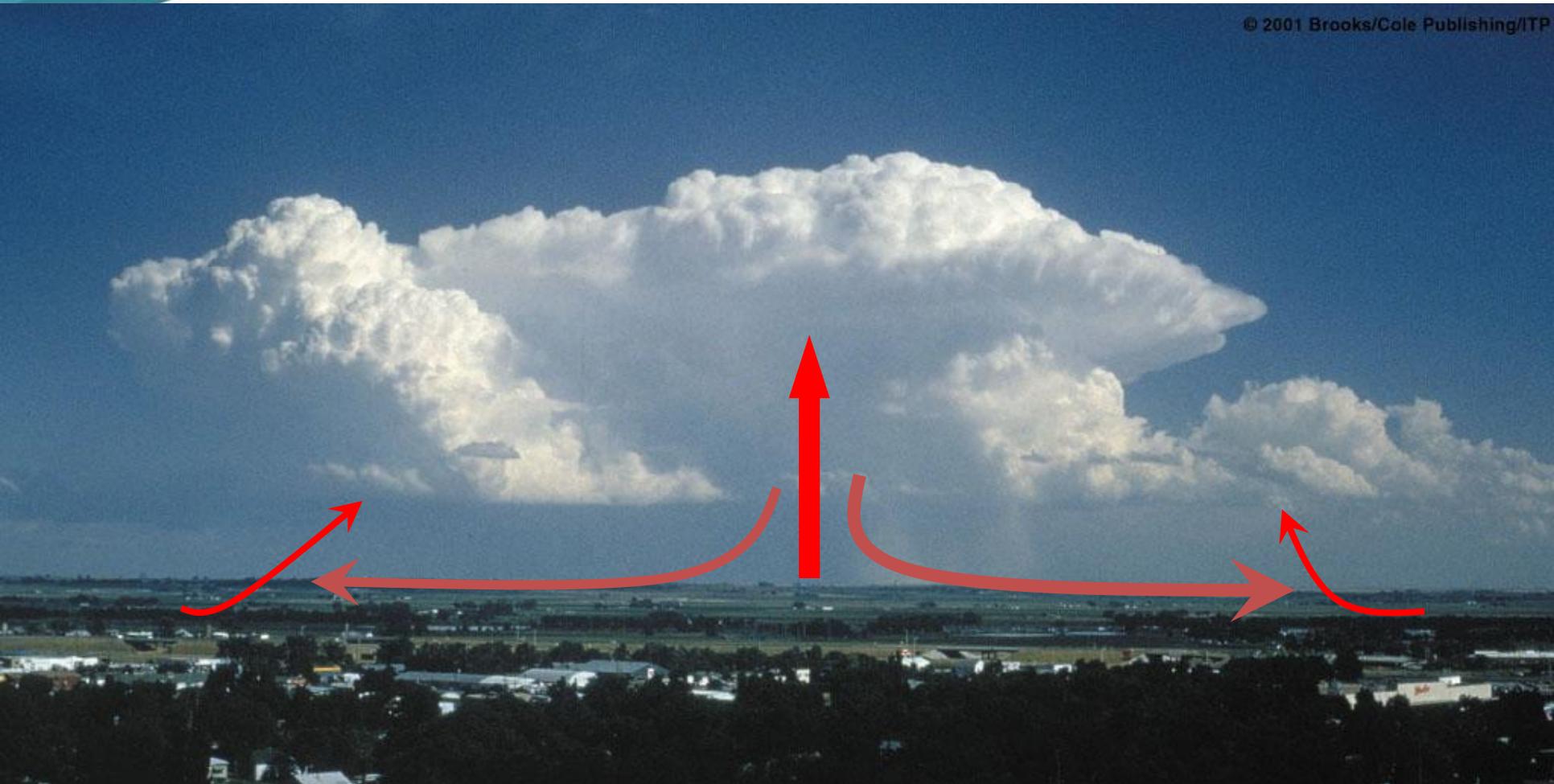
184 Thunderstorm: cumulonimbus, p. 511



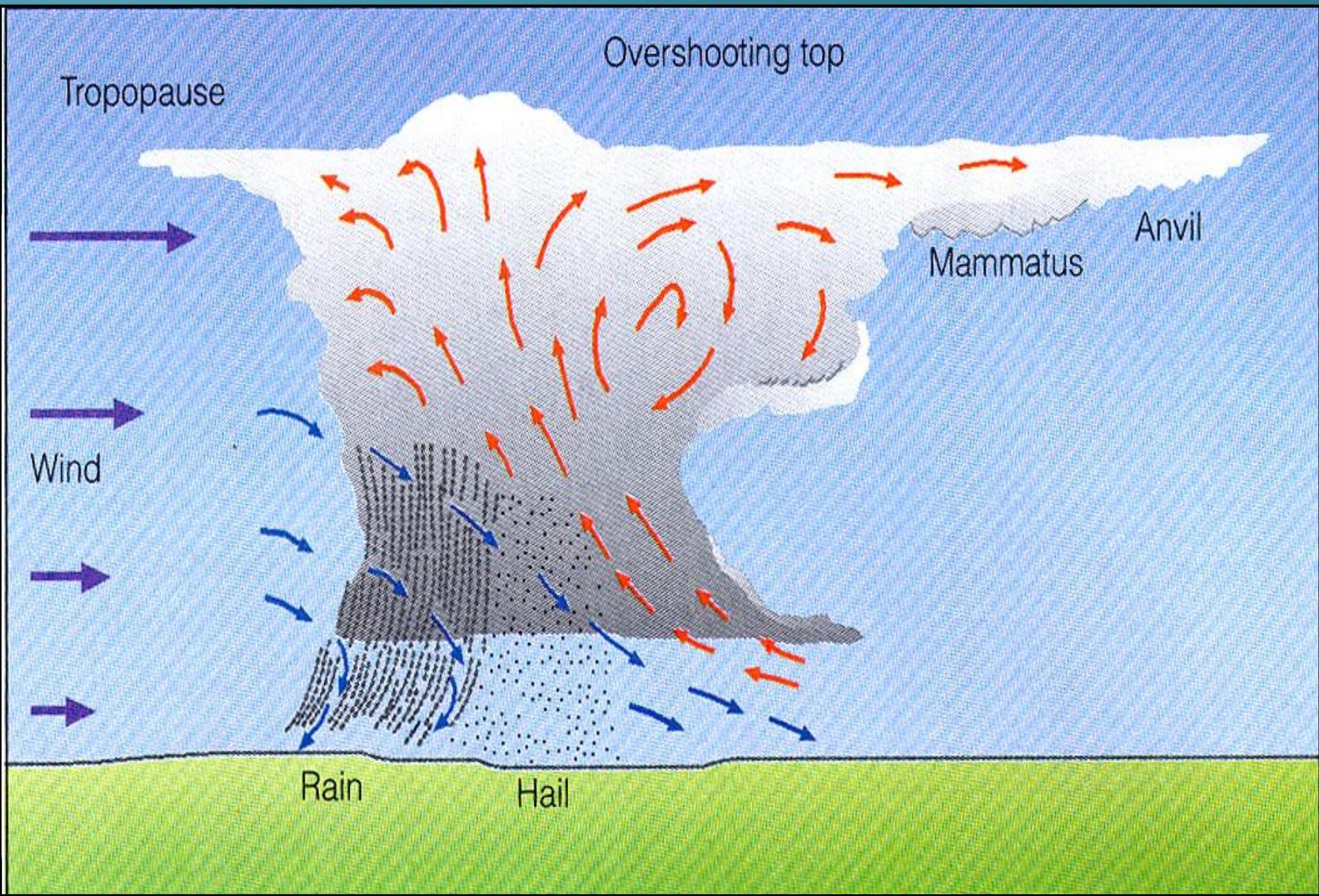
As Nuvens

SISTEMAS CONVECTIVOS

© 2001 Brooks/Cole Publishing/ITP



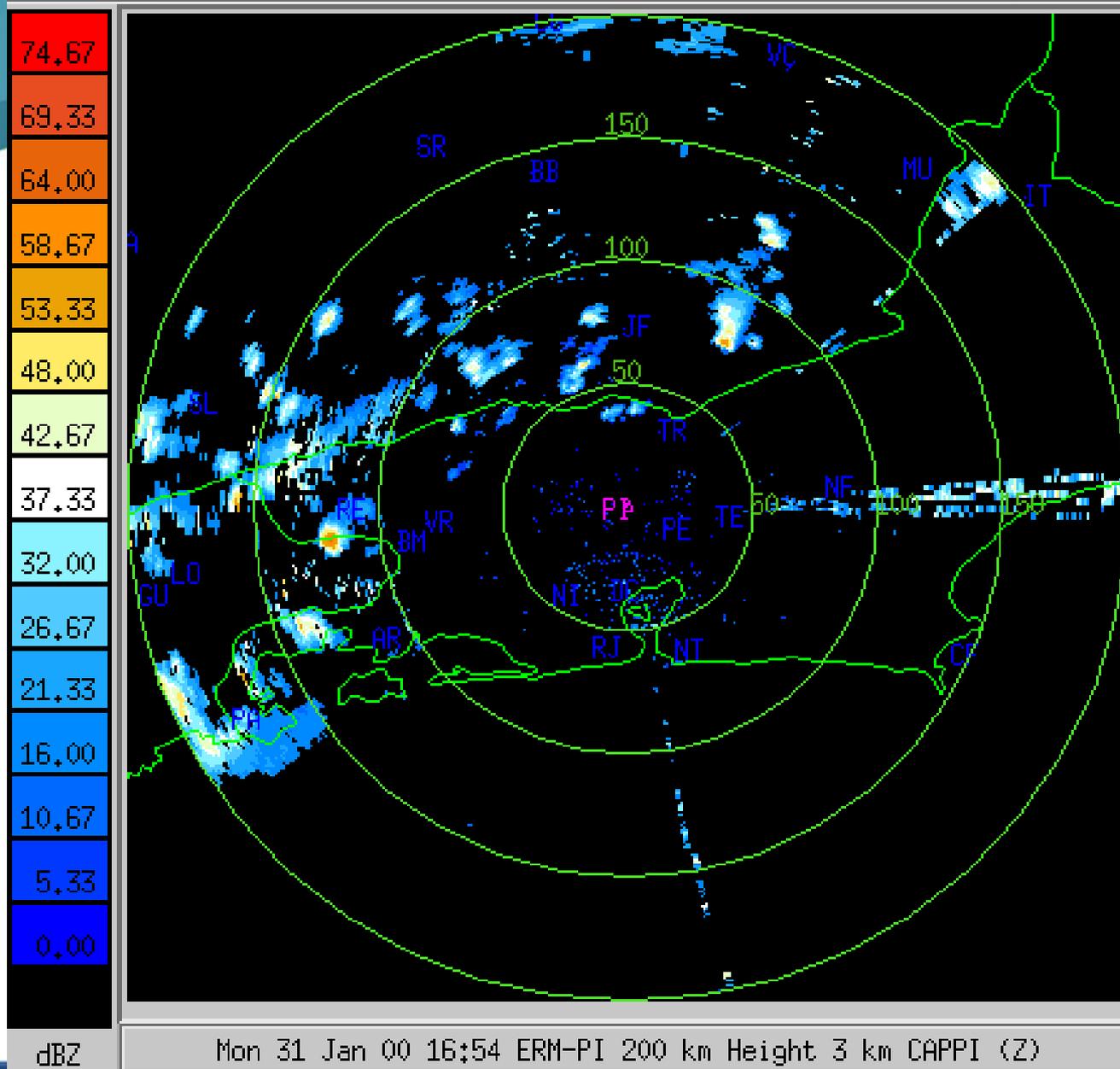
Mecanismos da chuva



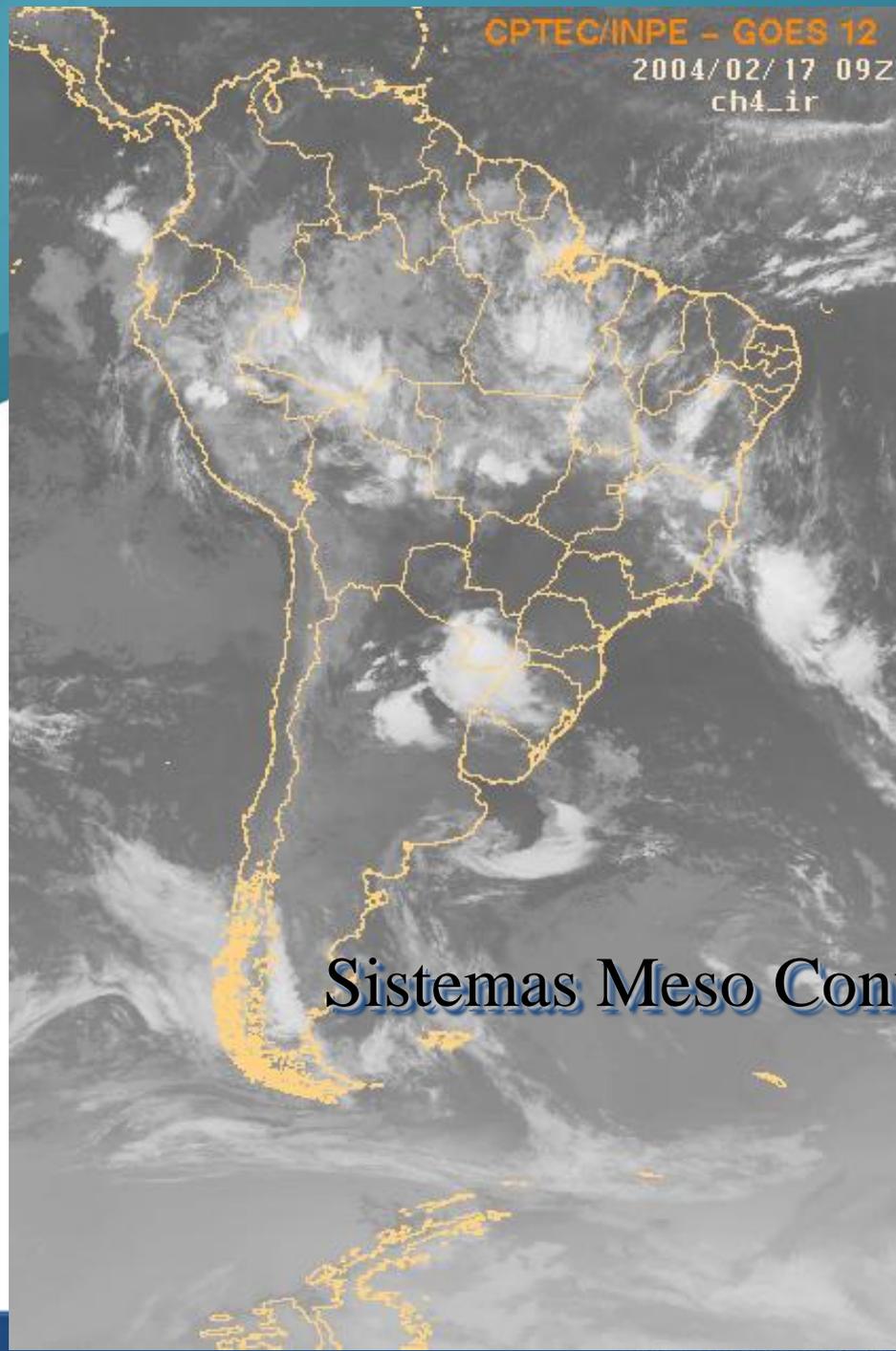


ISS016E027426

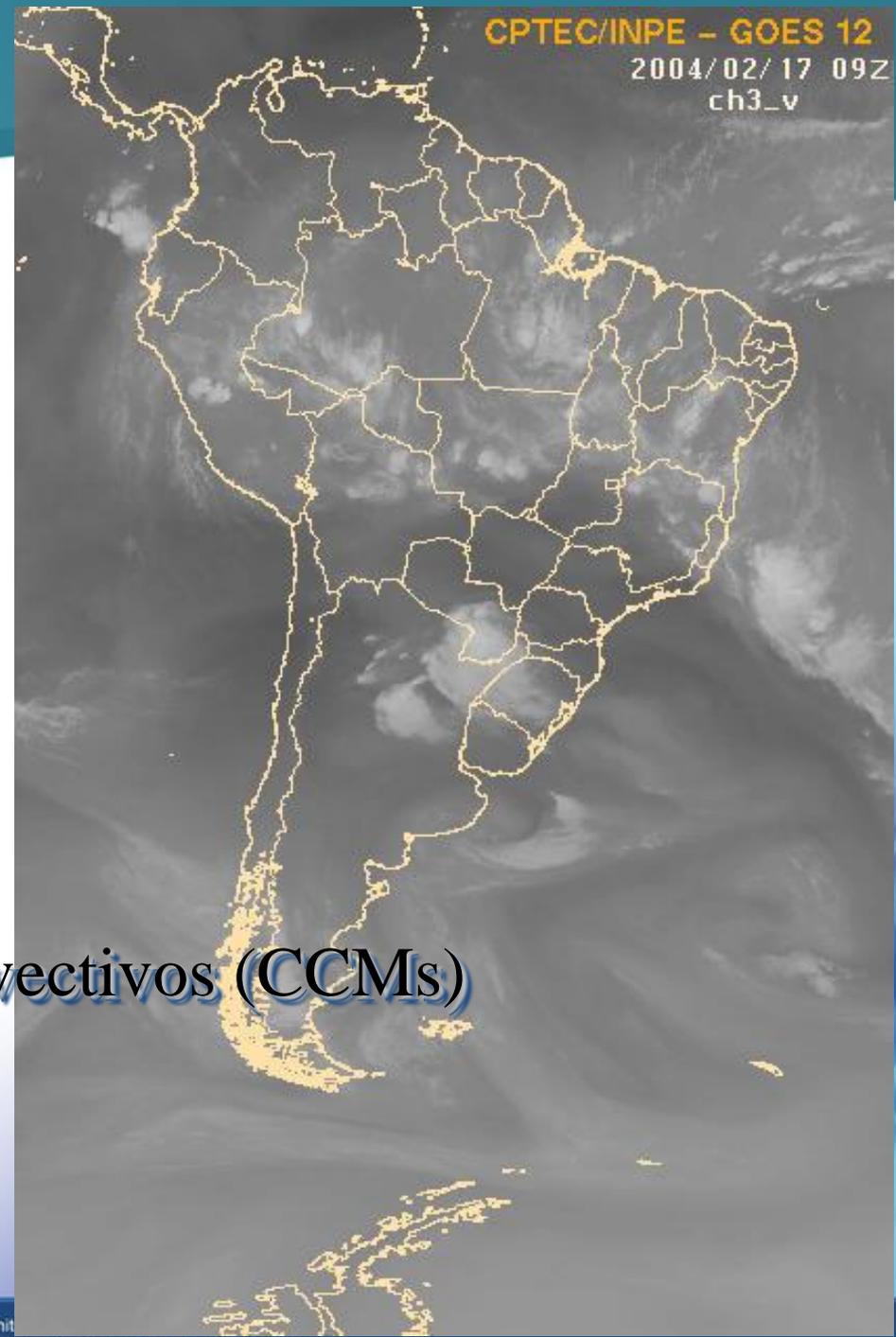
Linha de instabilidade



CPTEC/INPE - GOES 12
2004/02/17 09Z
ch4_ir



CPTEC/INPE - GOES 12
2004/02/17 09Z
ch3_v



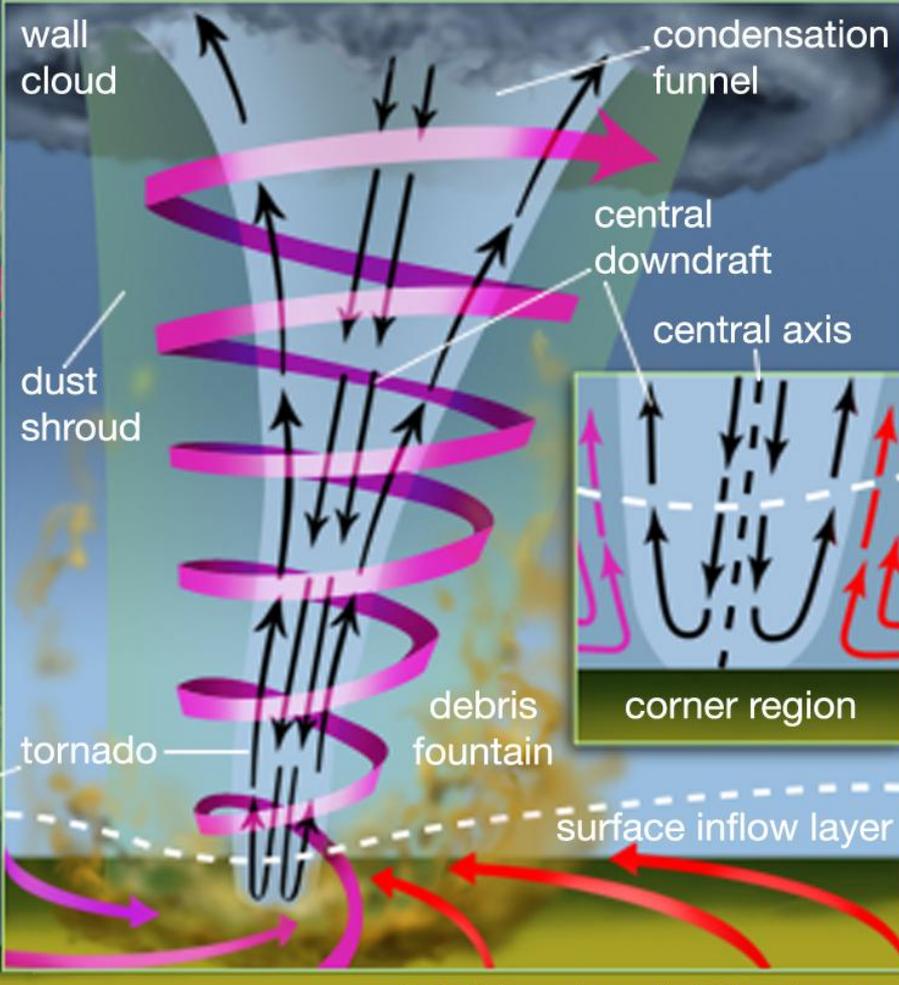
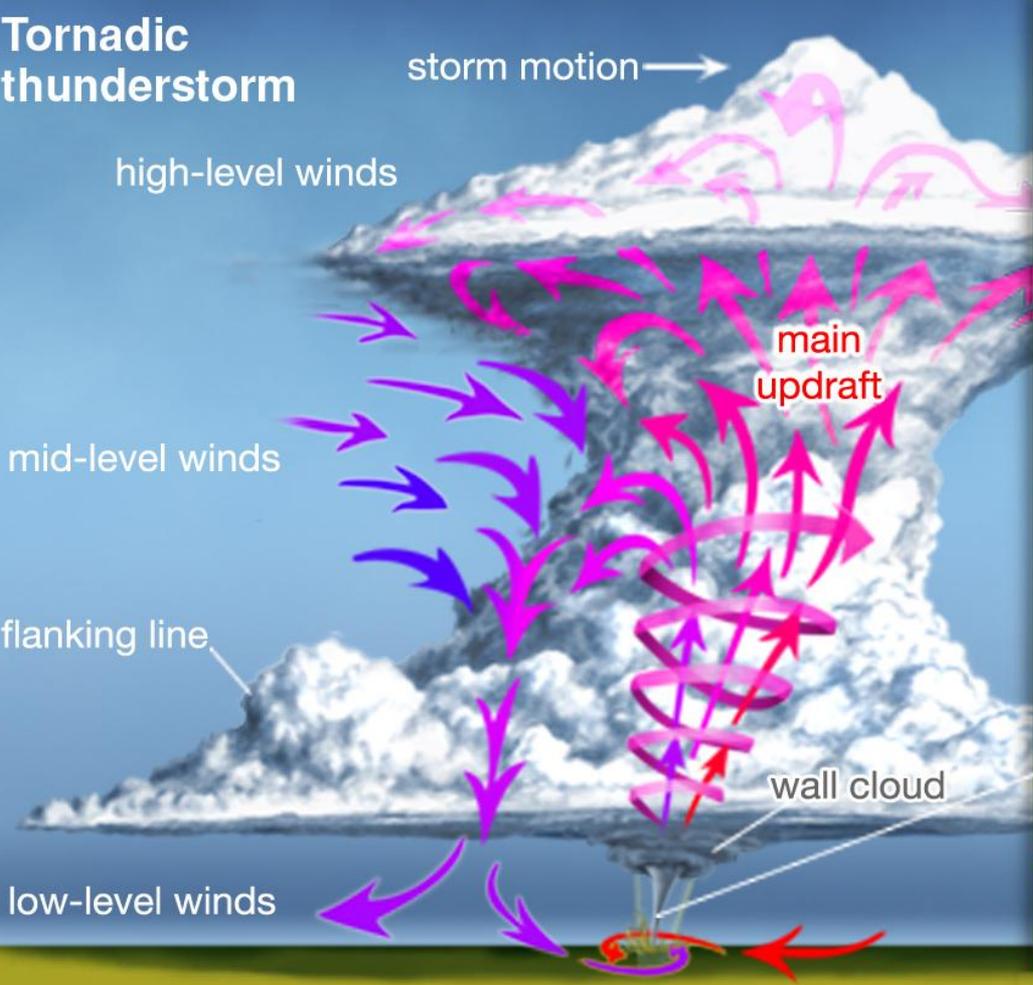
Sistemas Meso Convectivos (CCMs)

Tornado e Tromba d'água



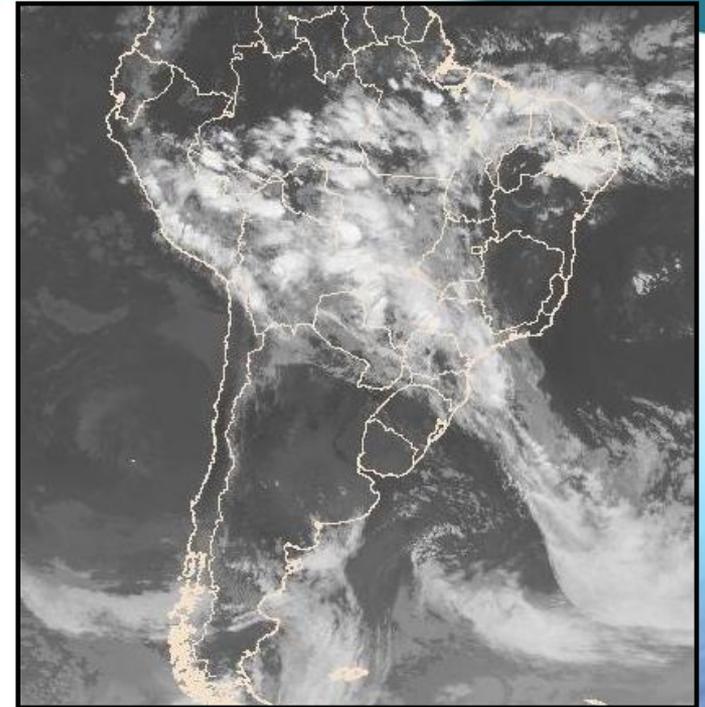
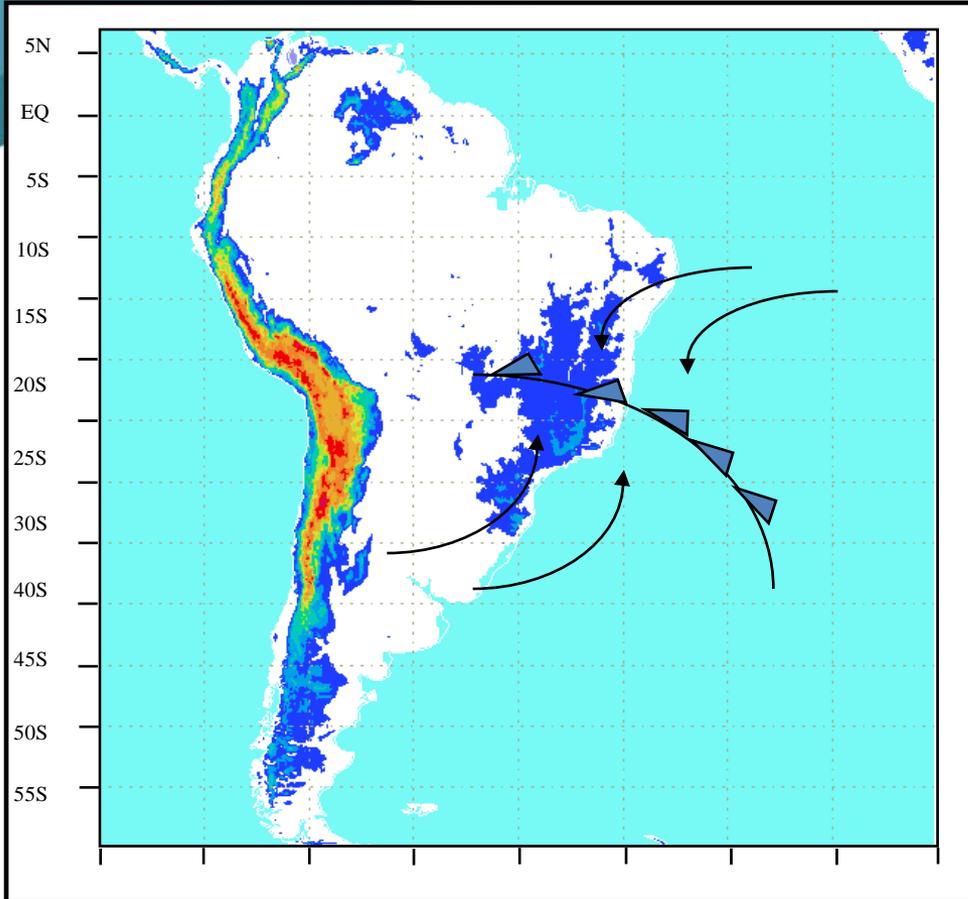
Tornado de Indaiatuba (24 de maio de 2005)





© 2012 Encyclopædia Britannica, Inc.

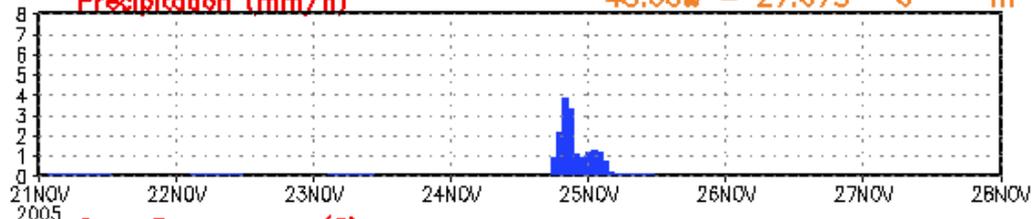
Frente



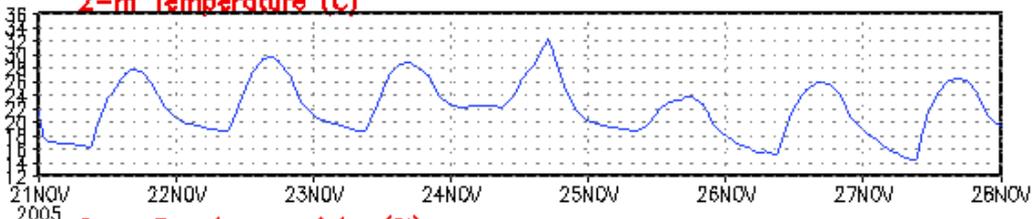
Frente Fria
Frente Quente
Frente estacionária

MCT/INPE/CPTec - REGIONAL MODEL GRID HISTORY
Hourly from 21NOV2005, 00Z FLORIANOPOLIS, SC, BR

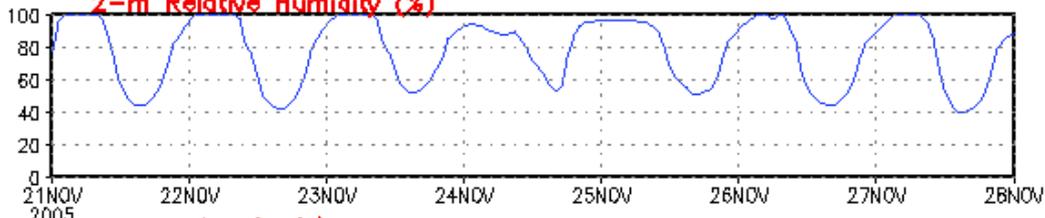
Precipitation (mm/h) 48.80W - 27.67S 0 m



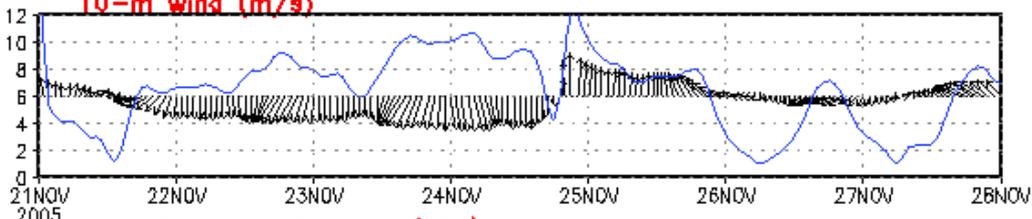
2-m Temperature (C)



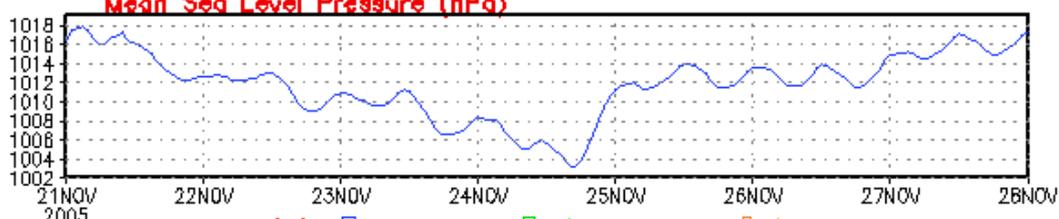
2-m Relative Humidity (%)



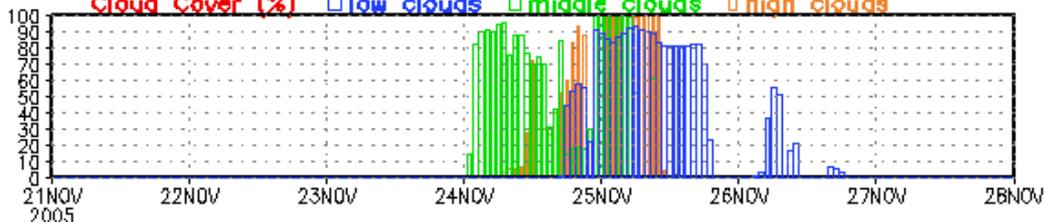
10-m Wind (m/s)



Mean Sea Level Pressure (hPa)

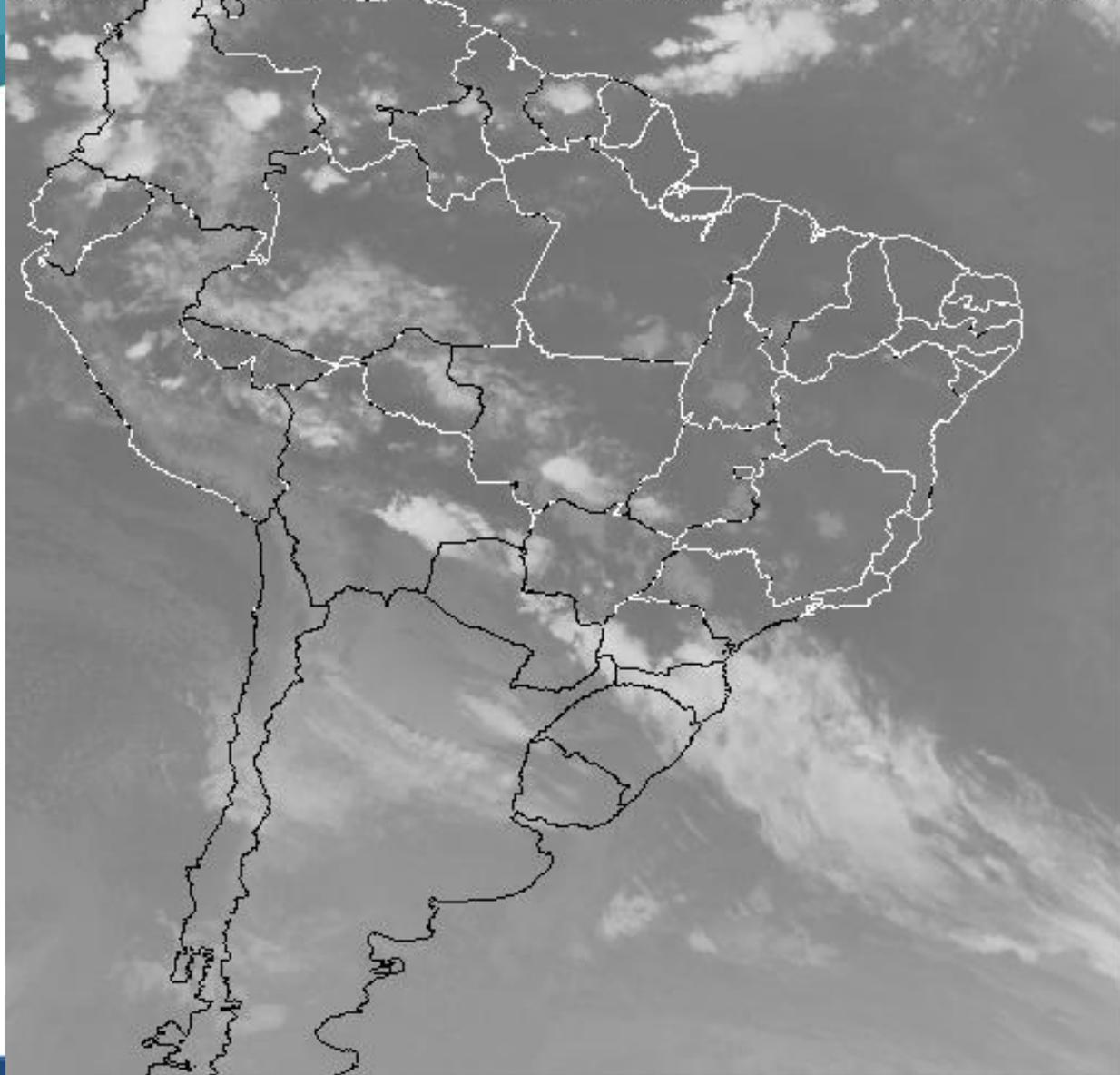


Cloud Cover (%) low clouds middle clouds high clouds



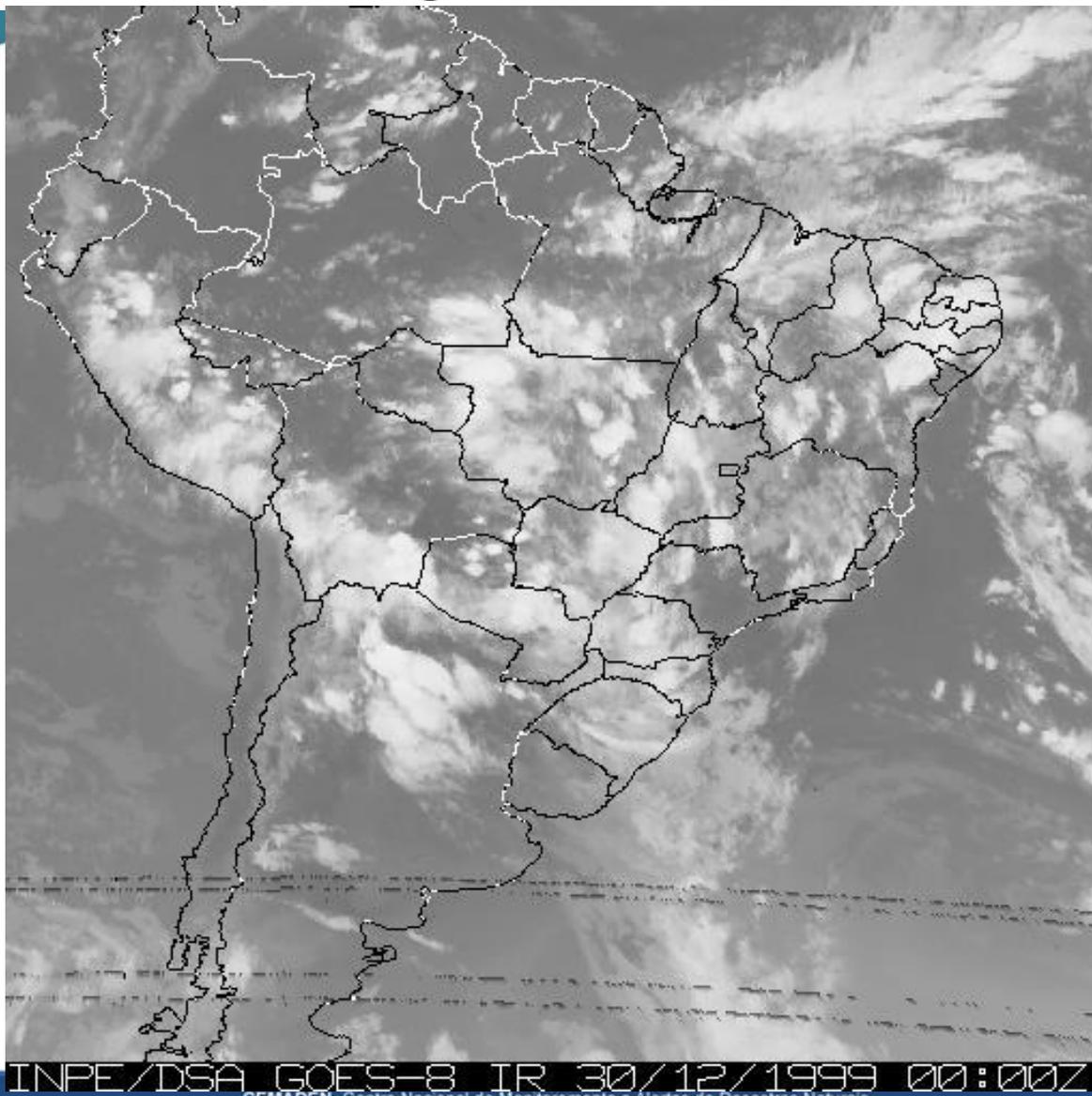
Neve

INPE/CPTec G-12 CH4 2005/08/31 0400Z

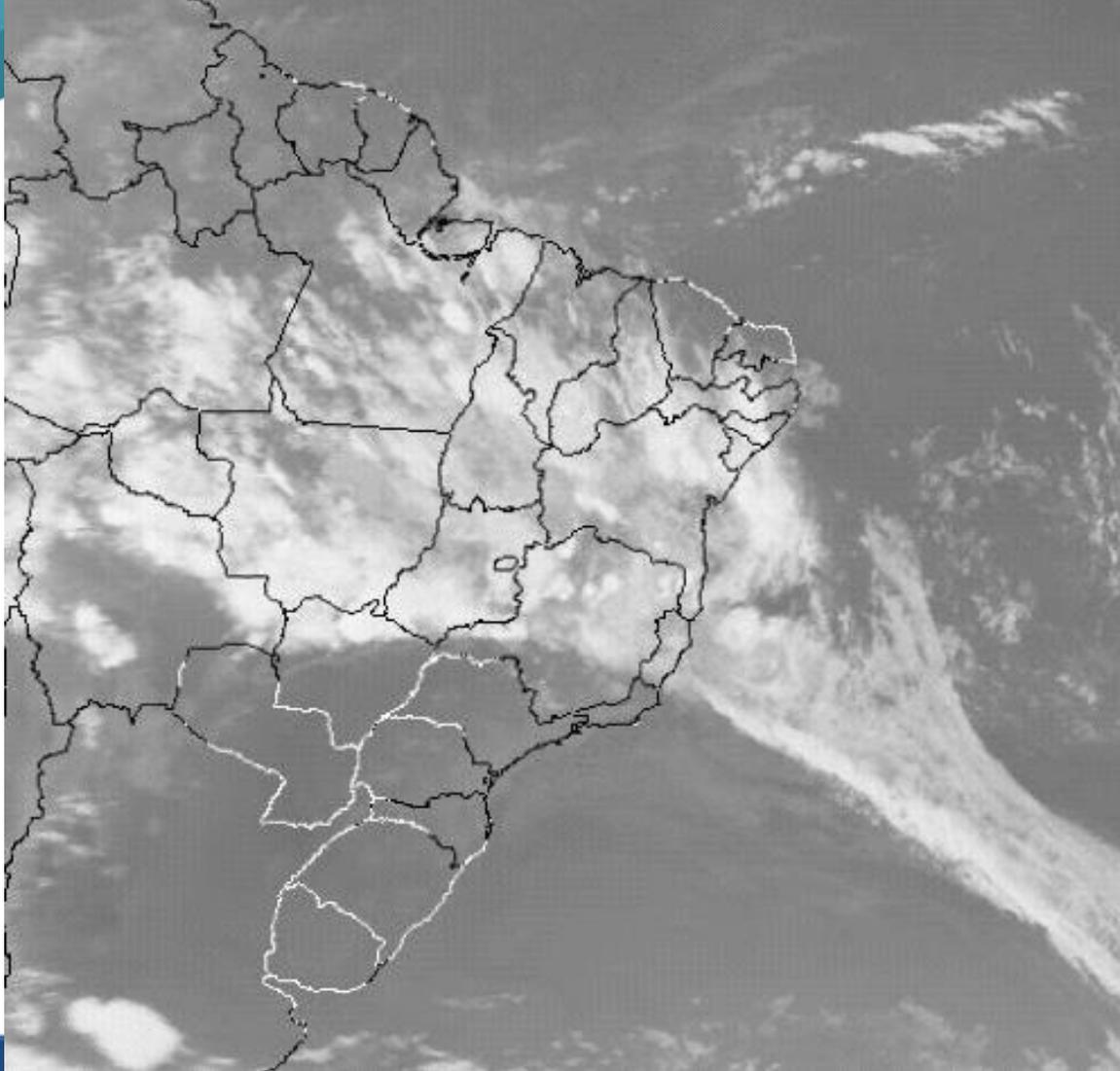


Frente Semi-estacionária

Zona de Convergência do Atlântico Sul



INPE/CPTec M-7 IR 27/12/02 0000Z



Zona de Convergência do Atlântico Sul - ZCAS

Belo Horizonte

642,2 mm (296,3 mm)

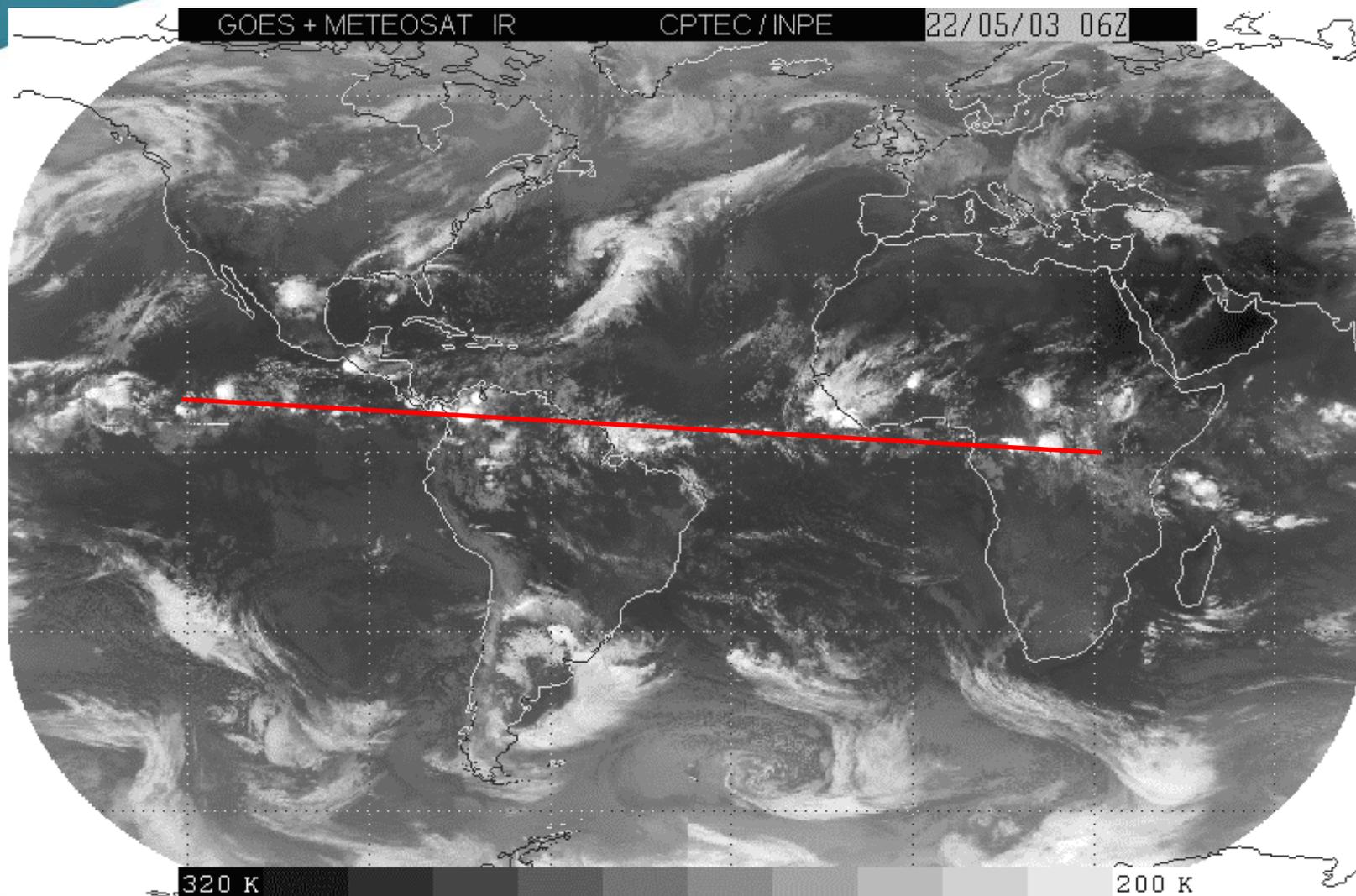
São Paulo

440,4 mm (238,7 mm)

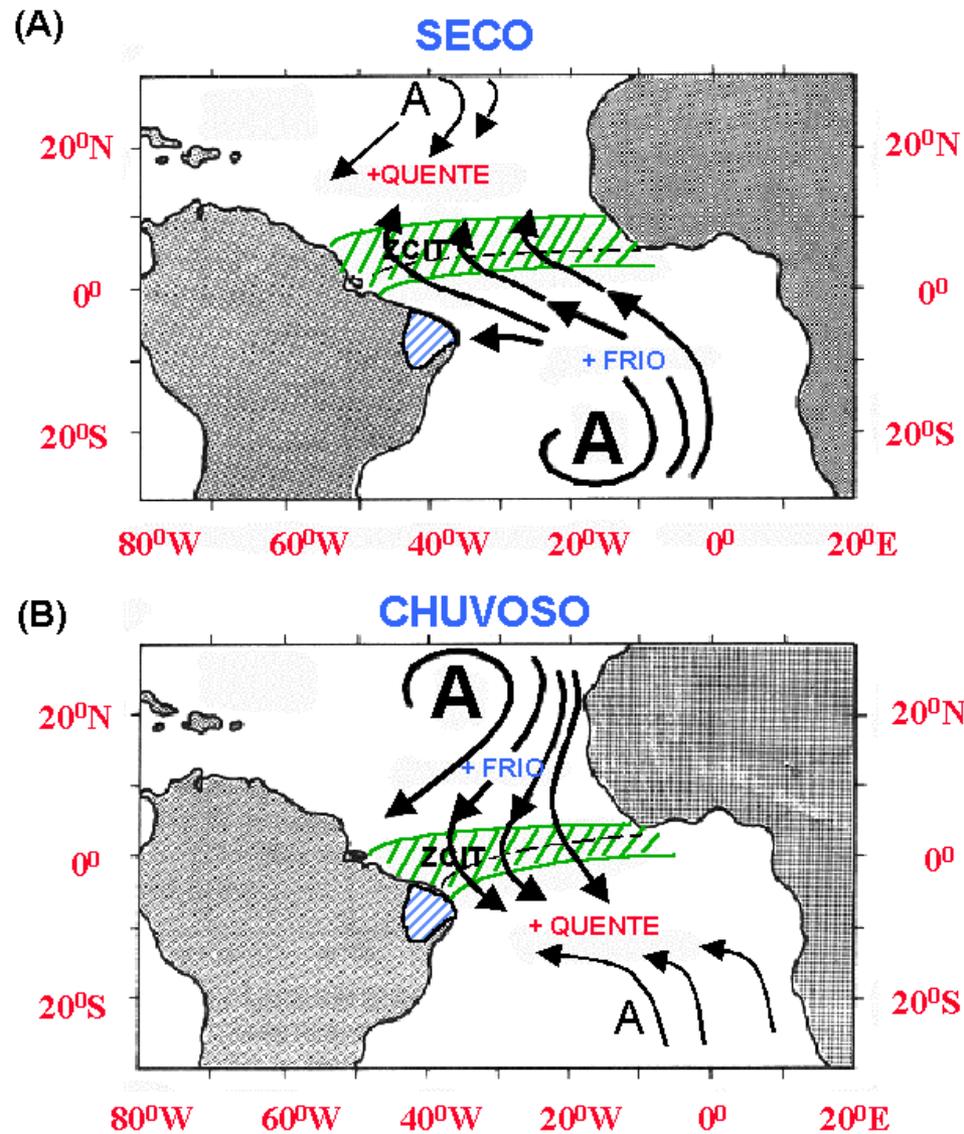
Rio de Janeiro

333,9 mm (114,1 mm)

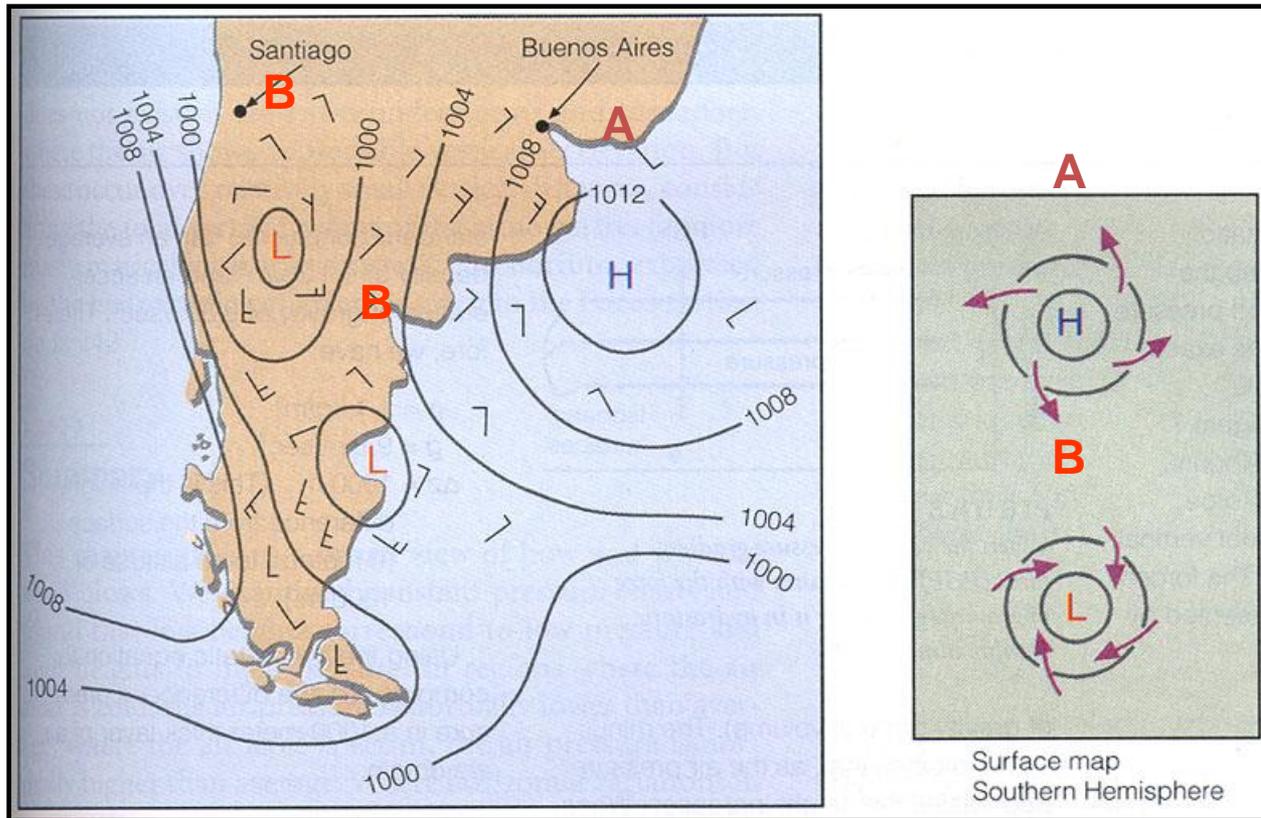
Zona de Convergência Intertropical



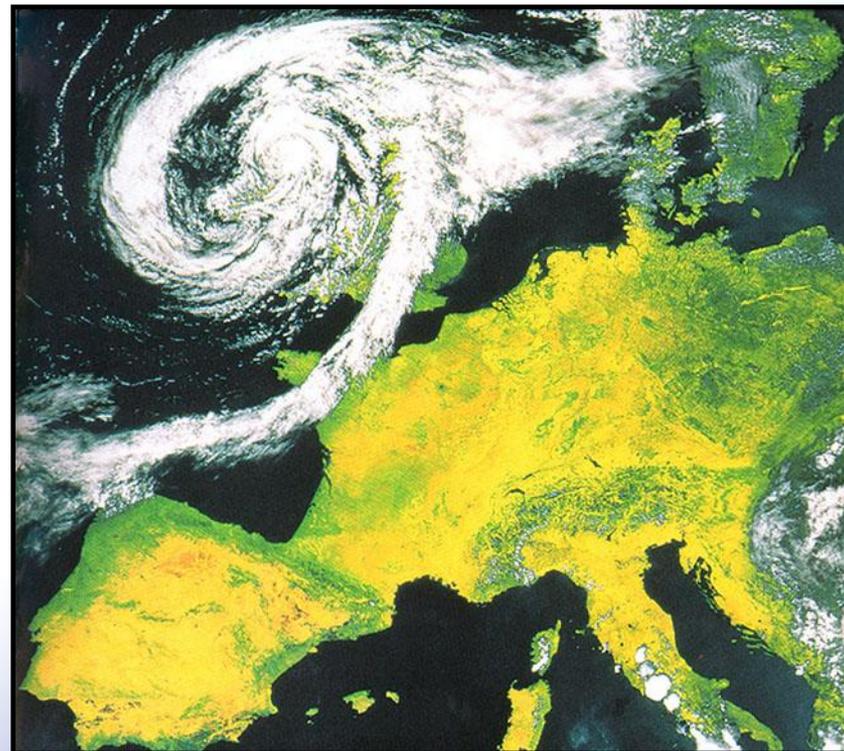
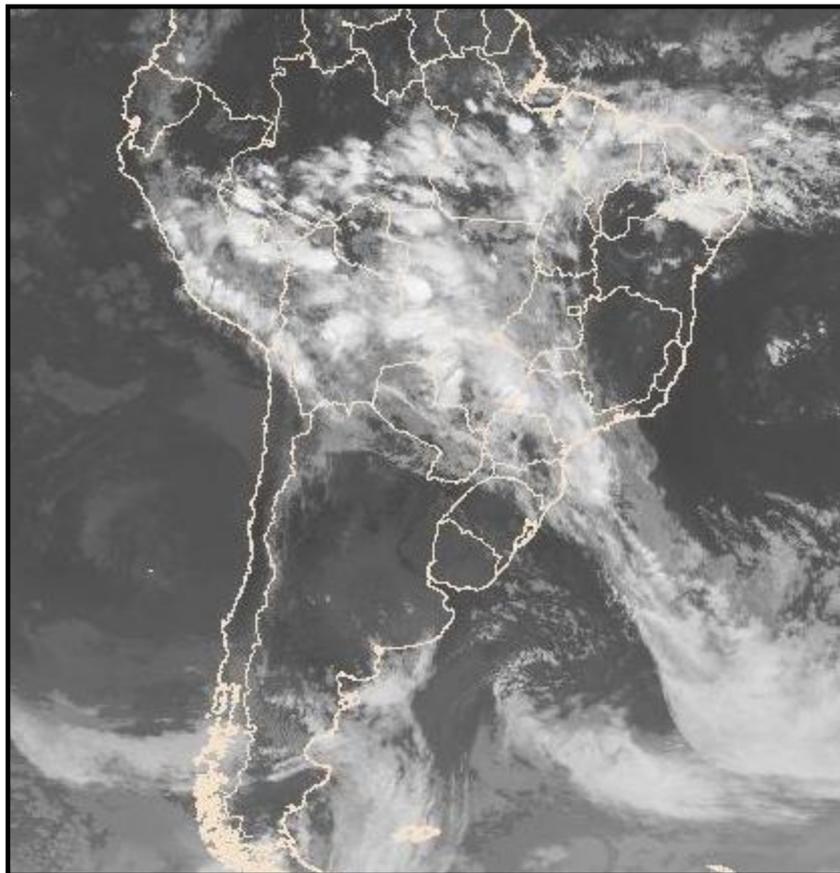
Influência do Oceano Atlântico

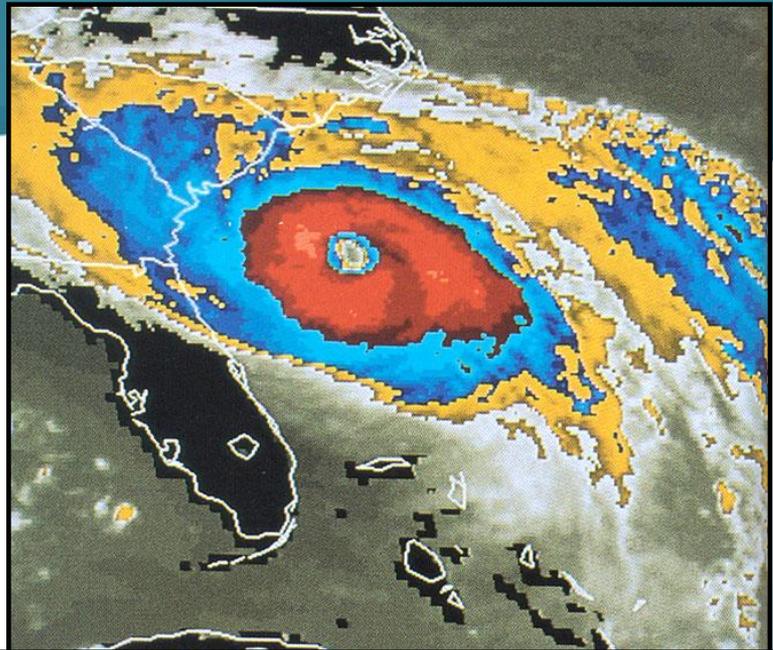
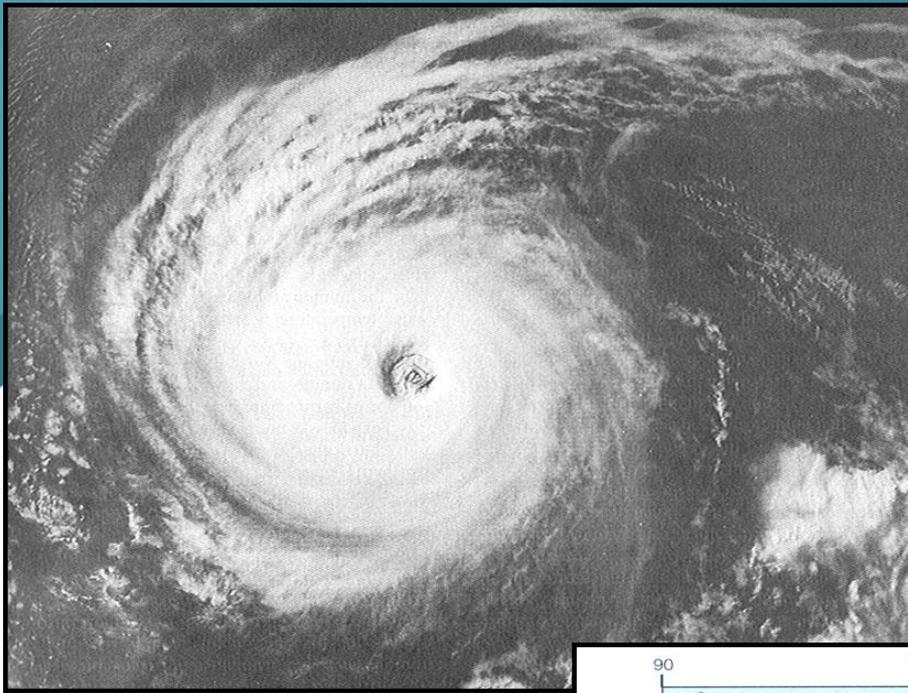


Sistemas de Baixa (Ciclones) Alta (Anticiclones) pressão

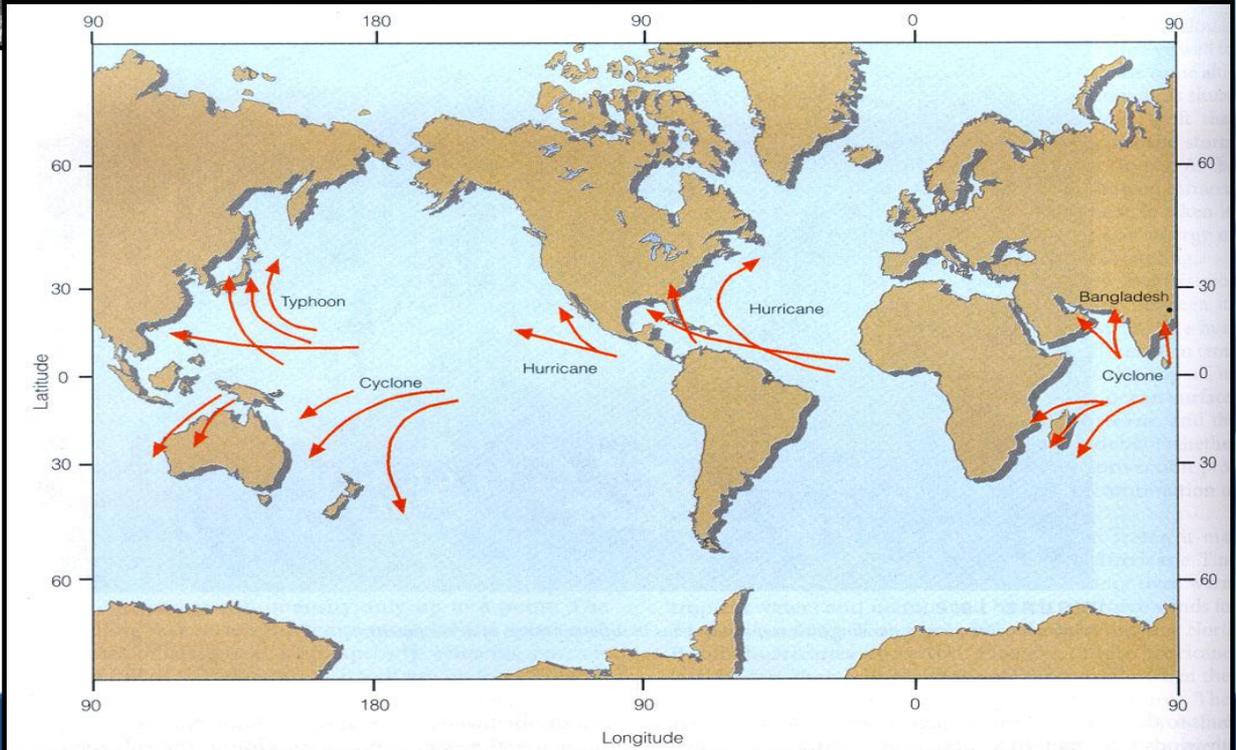


Ciclones extratropicais

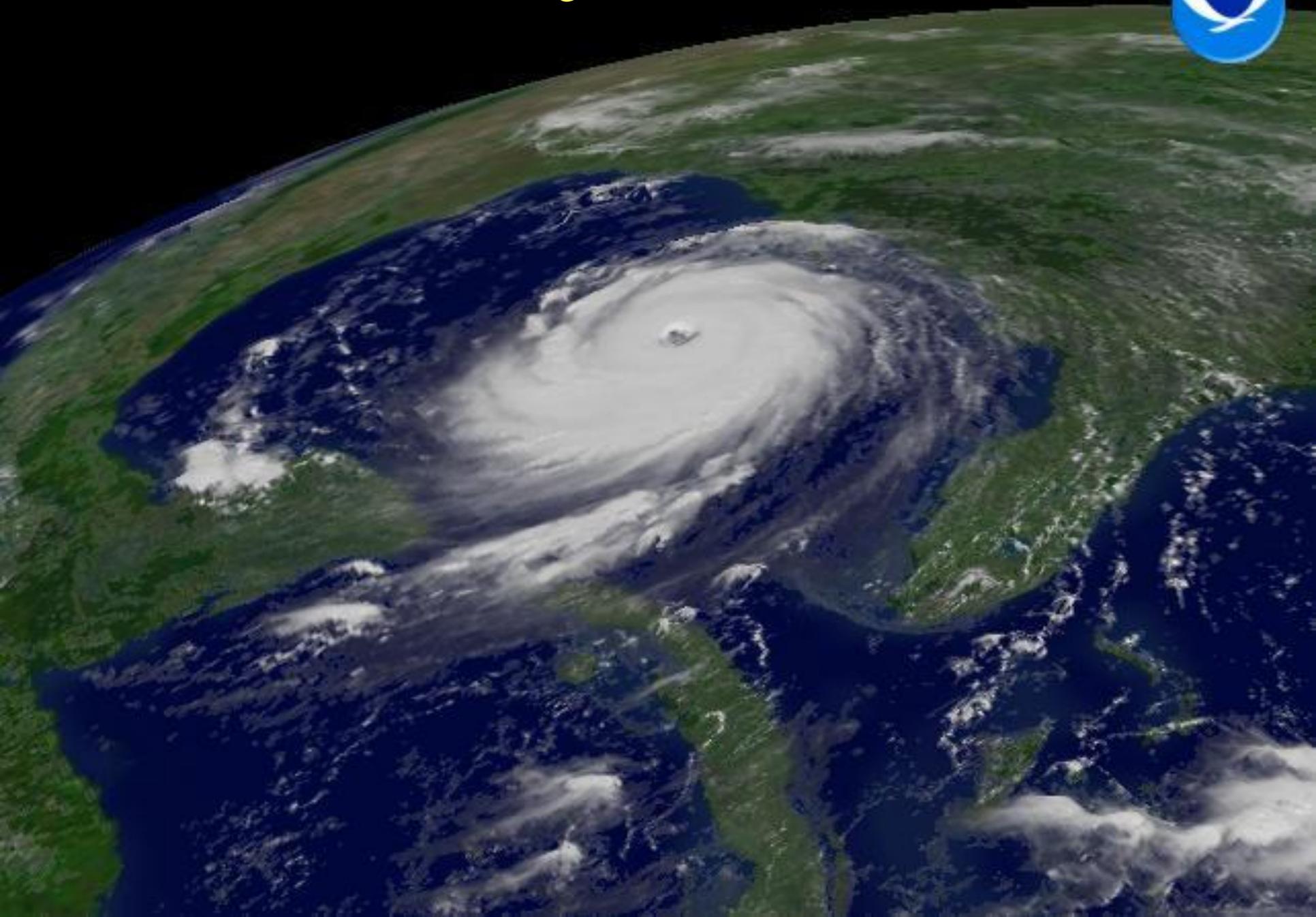




Furacões e Tufões



Furacão Katrina - Agosto de 2005

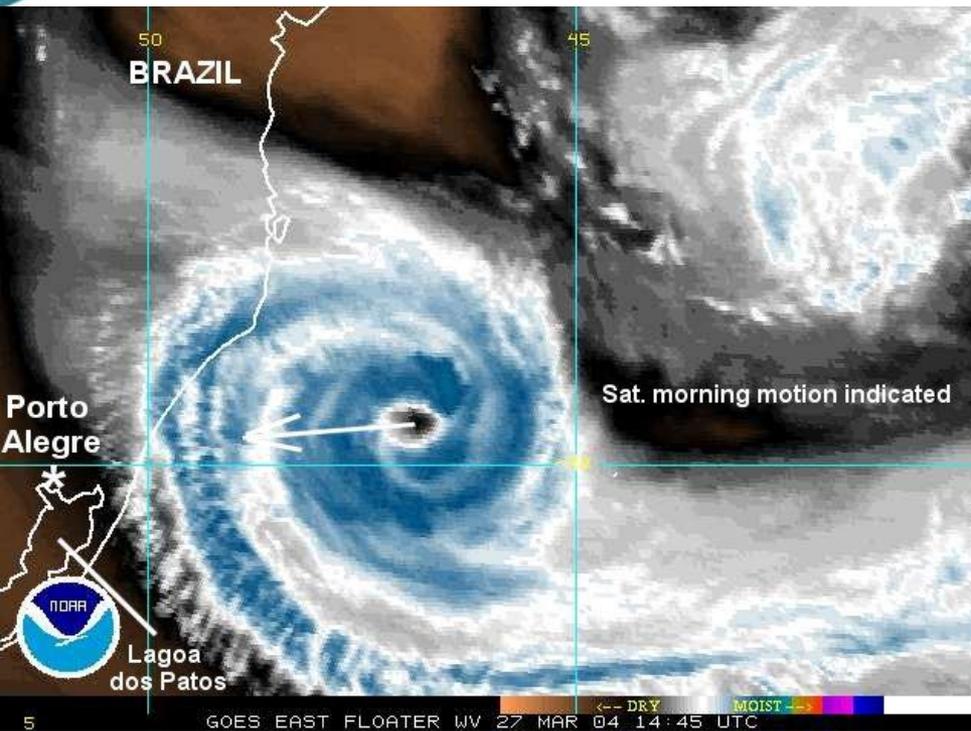


Furacão Catarina (março/2004)

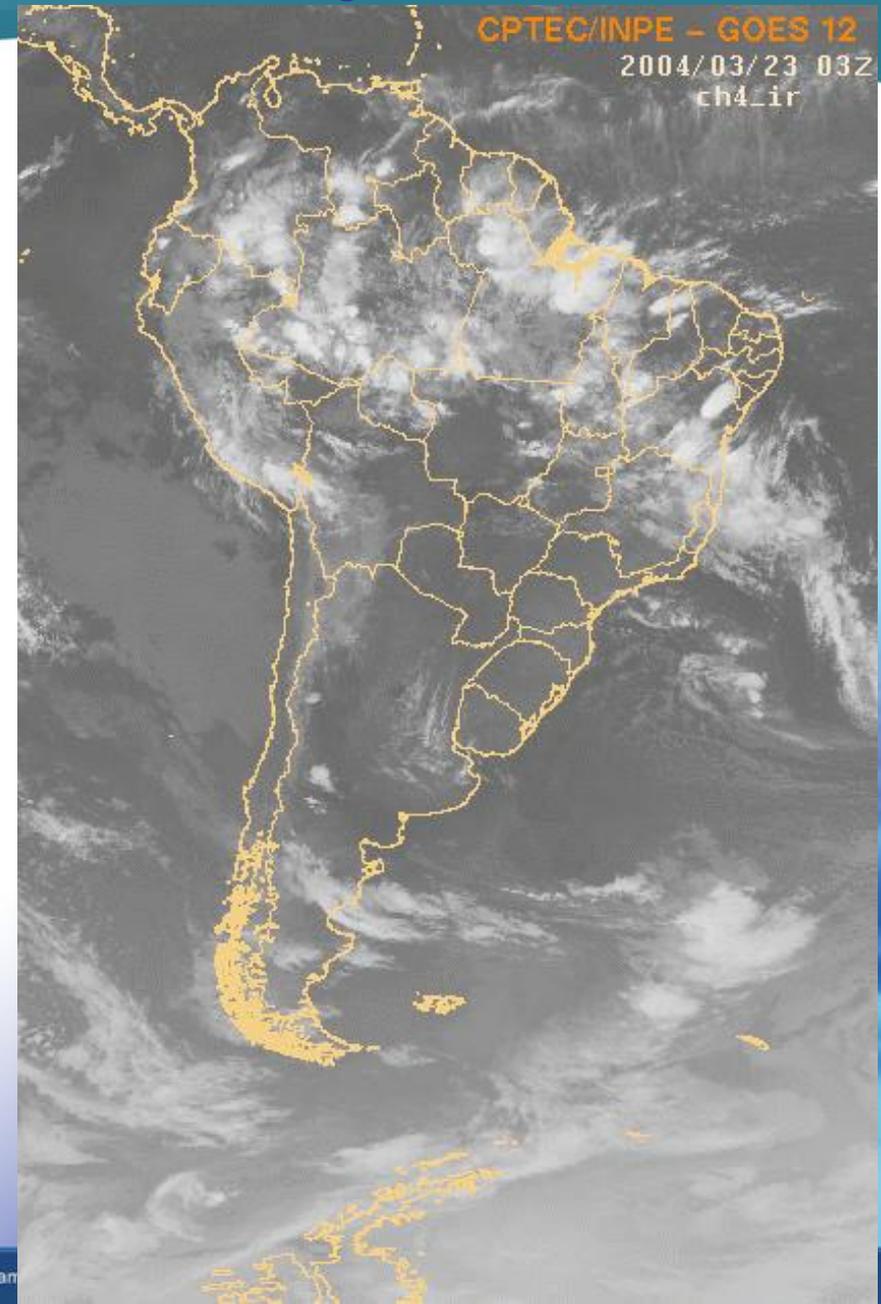


Fonte: NASA

Fenômeno Catarina: exemplo de mudanças climáticas?



Fenômeno Catarina
27 de março de 2004 as 11:45 Hora Local

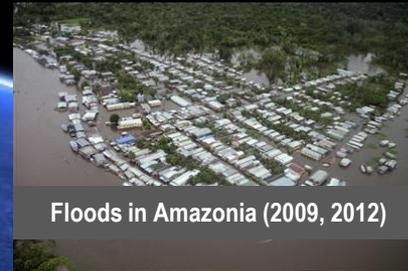


3. Desastres Naturais

Eventos Extremos no período 2009-2012 no Brasil



Dryness in Amazonas River (2010)



Floods in Amazonia (2009, 2012)



Floods in States of PE / AL (2010)



Dryness in semi-arid (2012)



Floods/landslides in Região Serrana – RJ (2011)



Flooding in MG, RJ e ES (2012)

Extreme dryness of the air (2011)



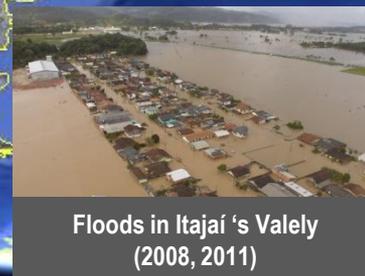
Flooding Rio de Janeiro (2010)



Floods/landslides in Ilha Grande – RJ (2010)



Drought in Brazil's South / Uruguai (2012)



Floods in Itajaí 's Valely (2008, 2011)



Floods in São Paulo (2010)

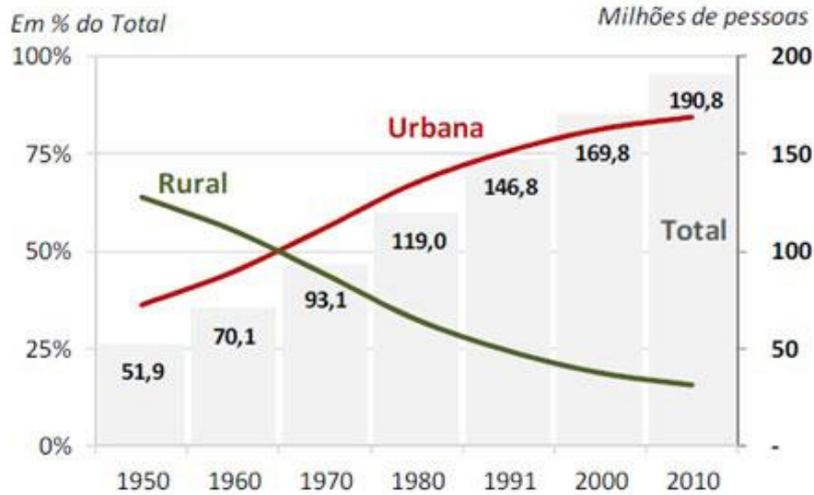


Heat waves in Santos – SP (2010)

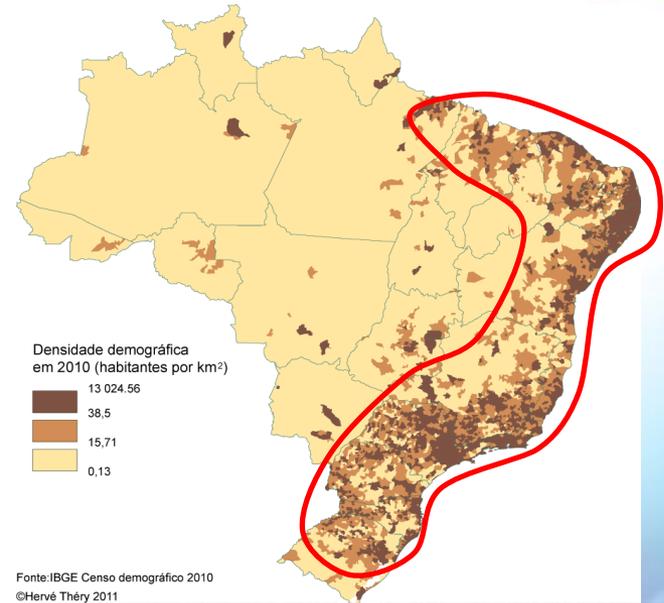
Slide cortesia: J. Tomasella

Adaptado de: J. Marengo

Tendências demográficas no Brasil

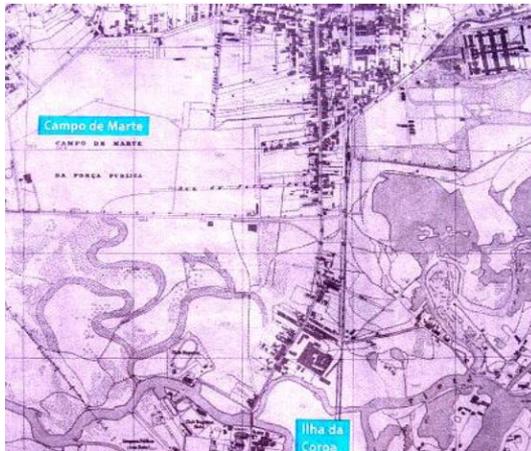


Fonte: IBGE, 2010
www.beefpoint.com.br



Fonte: IBGE Censo demográfico 2010
©Hervé Théry 2011

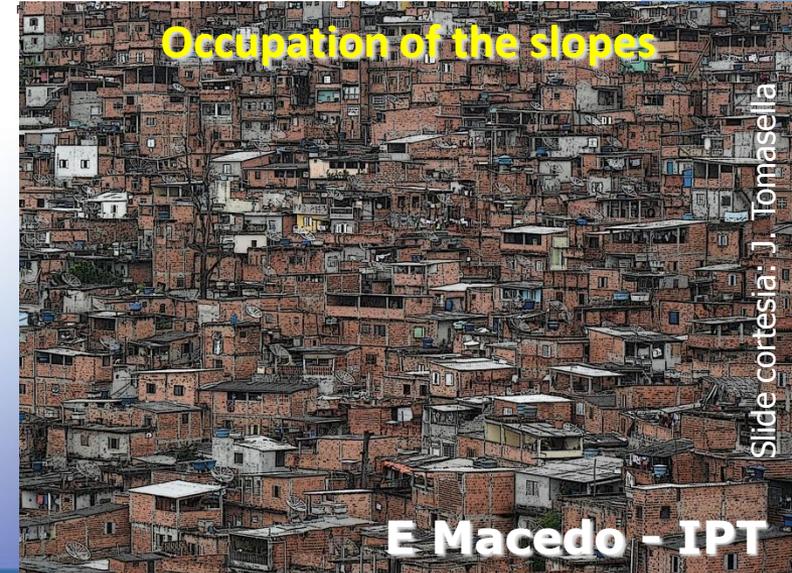
Anhembi, São Paulo



1930



2010

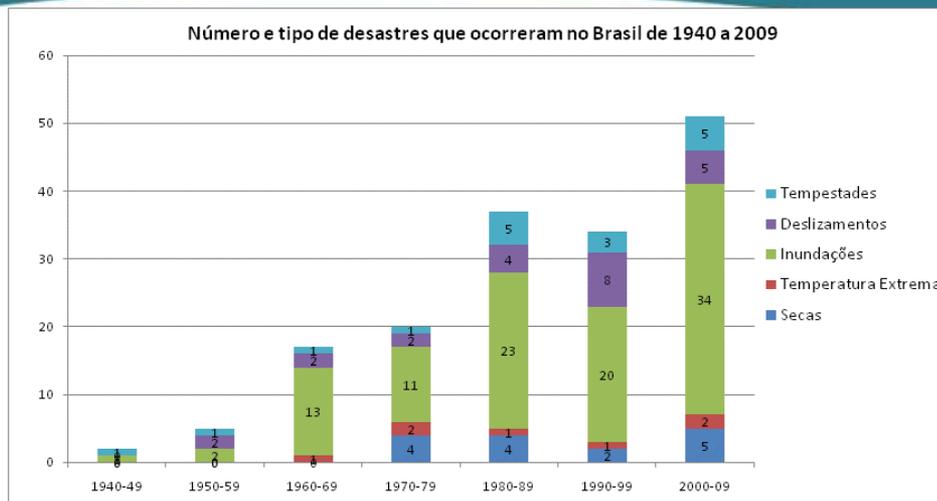
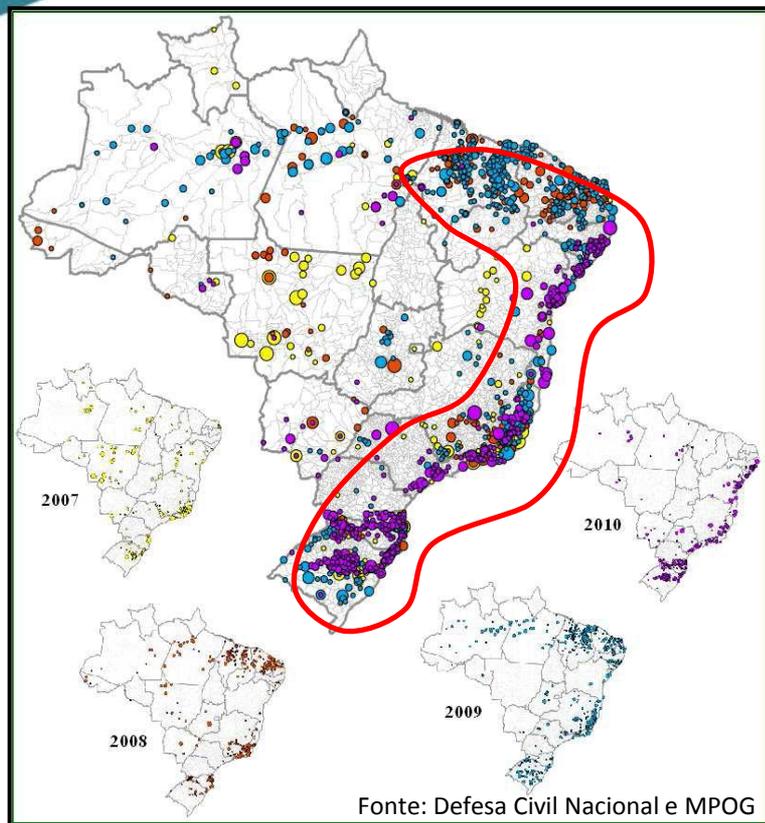


E. Macedo - IPT

Slide cortesia: J. Tomasella

Aumento Significativo do Risco

Evolução de Desastres Naturais no Brasil



Inundações e deslizamentos = 69% das ocorrências
 Maior número de fatalidades = deslizamentos de massa em encostas

Decreto Presidencial nº 7.513, de 1º de julho de 2011

Como parte do Estratégia Nacional para Gestão de Desastres Naturais, o CEMADEN tem por objetivo desenvolver, testar e implementar um sistema de previsão de ocorrência de desastres naturais em áreas vulneráveis de todo o Brasil.

Estratégia para redução de desastres no país



Estratégia de Gerenciamento de Riscos de Desastres Naturais



Decreto Presidencial nº 7.513, de 1º de julho de 2011

Ao Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais compete:

- I - elaborar alertas de desastres naturais relevantes para ações de proteção e de defesa civil no território nacional;
- II - elaborar e divulgar estudos visando à produção de informações necessárias ao planejamento e à promoção de ações contra desastres naturais;
- III - desenvolver capacidade científica, tecnológica e de inovação para continuamente aperfeiçoar os alertas de desastres naturais;
- IV - desenvolver e implementar sistemas de observação para o monitoramento de desastres naturais;
- V - desenvolver e implementar modelos computacionais para desastres naturais;
- VI - operar sistemas computacionais necessários à elaboração dos alertas de desastres naturais;
- VII - promover capacitação, treinamento e apoio a atividades de pós-graduação, em suas áreas de atuação; e
- VIII - emitir alertas de desastres naturais para o Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres - CENAD, do Ministério da Integração Nacional, auxiliando o Sistema Nacional de Defesa Civil.

- EM FUNCIONAMENTO DESDE DEZEMBRO DE 2011
- MONITORAMENTO 24h POR DIA 7 DIAS POR SEMANA
- ELABORAÇÃO DE ALERTAS DE RISCO DE MOVIMENTOS DE MASSA, E INUNDAÇÕES PARA OS MUNICÍPIOS MONITORADOS
- **888** MUNICÍPIOS MONITORADOS

Equipe multidisciplinar:

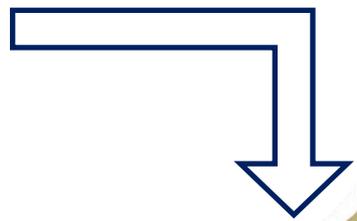
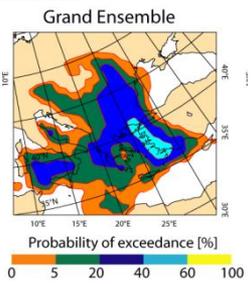
- Geólogos
- Geógrafos
- Engenheiros civis e agrônomos
- Hidrólogos
- Meteorologistas
- Profissionais de TI



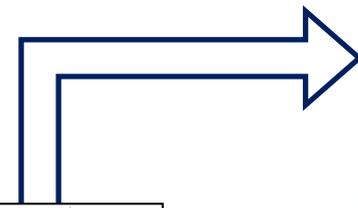
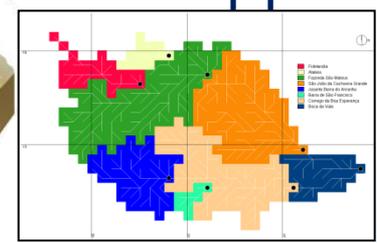
Modelo meteorológico

Antecedências maiores de 24 hs

Aviso



Modelo Hidrológico



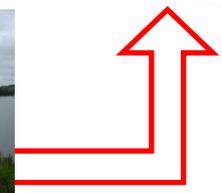
Atenção



Observação



Pluviômetros automáticos, radares e estações hidrológicas



Antecedências entre 2-6 hs

Alerta



Muito Alto



Alto

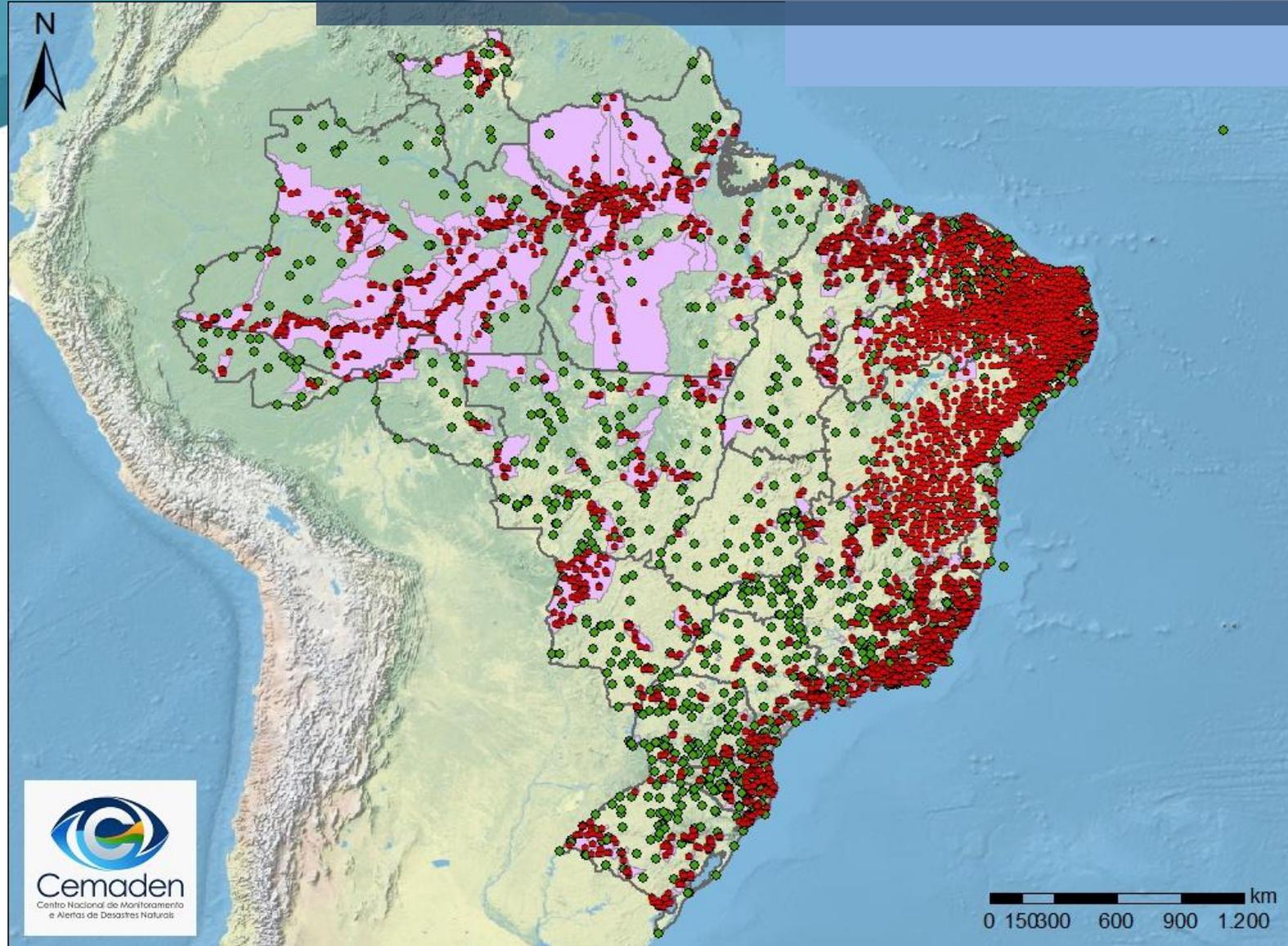


Moderado



Observação





Expansão da Rede de Observação

**+ 9
Radares**

**+ 4.750
Pluviômetros**

**+ 286
Estações
Hidrológicas**

**9 ETR + 900
Prismas
135 PCDs AQUA**

**+ 100
Estações
Agrometeoro-
lógicas**

**+ 550 PCDs
AQUA
Sensores de Umidade
do Solo e
Precipitação**



OBRIGADO

Giovanni Dolif



CEMADEN/MCTI