



Meteorologia Básica

Aula Nuvens & Condensação

Prof. Renato Ramos da Silva
Universidade Federal de Santa
Catarina - UFSC

Orvalho e Nevoeiro

Em noites calmas e claras, objetos próximos da superfície se resfriam rapidamente pela **emissão de radiação** infra-vermelha, ficando mais frios do que o ar próximo da superfície.

O ar em contato com estas **superfícies frias** resfria por condução.

Este ar pode ser resfriado até o **ponto de orvalho** (a temperatura em que o ar torna-se saturado).

Conforme folhas de grama se resfriam á esta temperatura vapor d'água começa a se condensar sobre suas superfícies formando o **orvalho**.

Estas gotículas de **orvalho** podem se tornar a principal fonte de água para plantas em períodos muito secos.

Uma média anual para latitudes médias mostra que o orvalho pode fornecer uma camada de água de aproximadamente de **12 a 50 mm**.



Foto: Renato – Lajes 2018

Geada

Se a temperatura do ar está abaixo de 0°C o orvalho pode se congelar causando eventos de **geada**.

Algumas situações podem causar sérios danos á plantações.



Conforme o ar se resfria durante a noite, a umidade relativa aumenta. Quando a umidade relativa atinge aproximadamente **75%**, pode ter início a condensação nos núcleos higroscópicos mais ativos, produzindo uma camada de **cerração**.



Nevoeiro

A **condensação** é um processo contínuo que ocorre quando o vapor se condensa em núcleos higroscópicos.

Conforme a umidade relativa aumenta, a visibilidade diminui.

Quando a visibilidade fica abaixo de 1km e o ar contém milhões de pequenas gotículas de água uma nuvem forma-se próximo da superfície. Esta nuvem é denominada de **nevoeiro**.

A formação de **nevoeiro** ocorre por dois processos:

- (i) Pelo **resfriamento** – o ar é resfriado abaixo do seu ponto de saturação;
- (ii) Por **evaporação** – em que vapor d'água é adicionado ocorrendo mistura



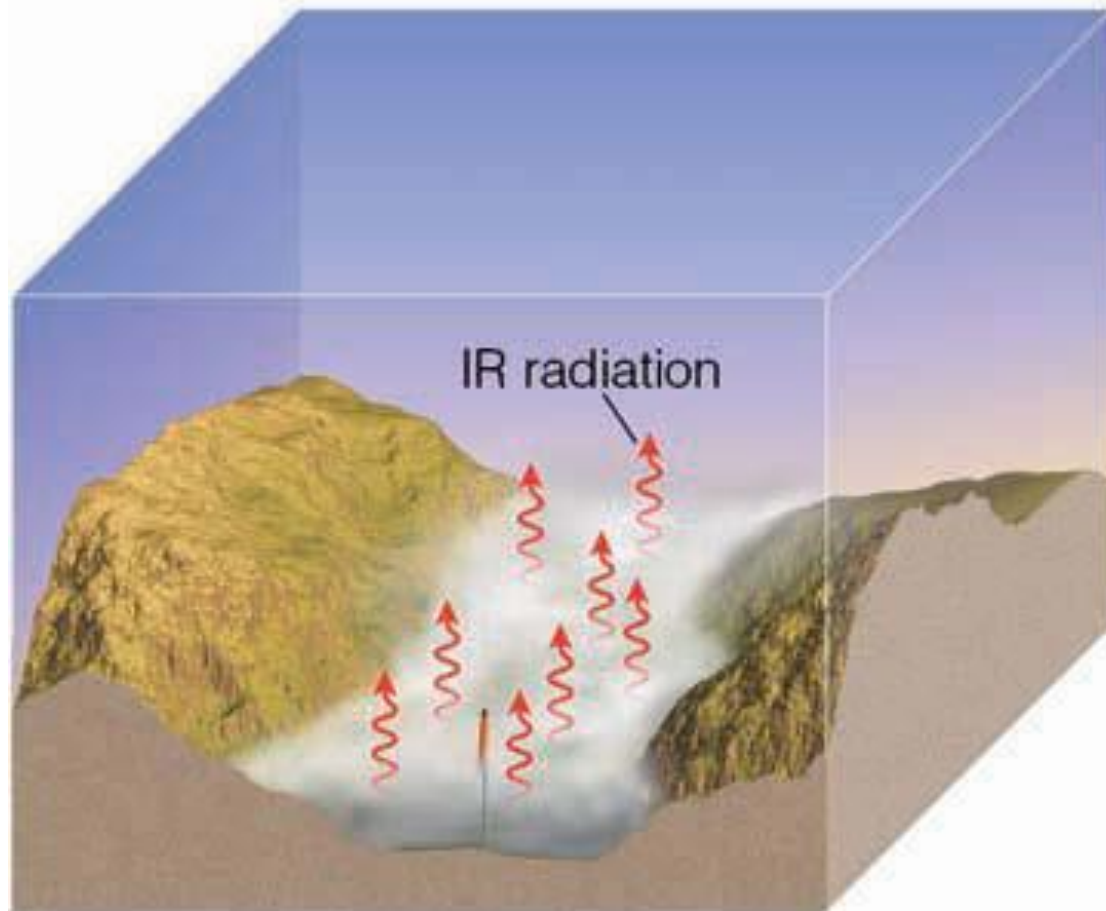
Nevoeiro advectivo

O movimento de **ar quente e úmido** sobre **superfícies frias** pode causar o **nevoeiro advectivo**.

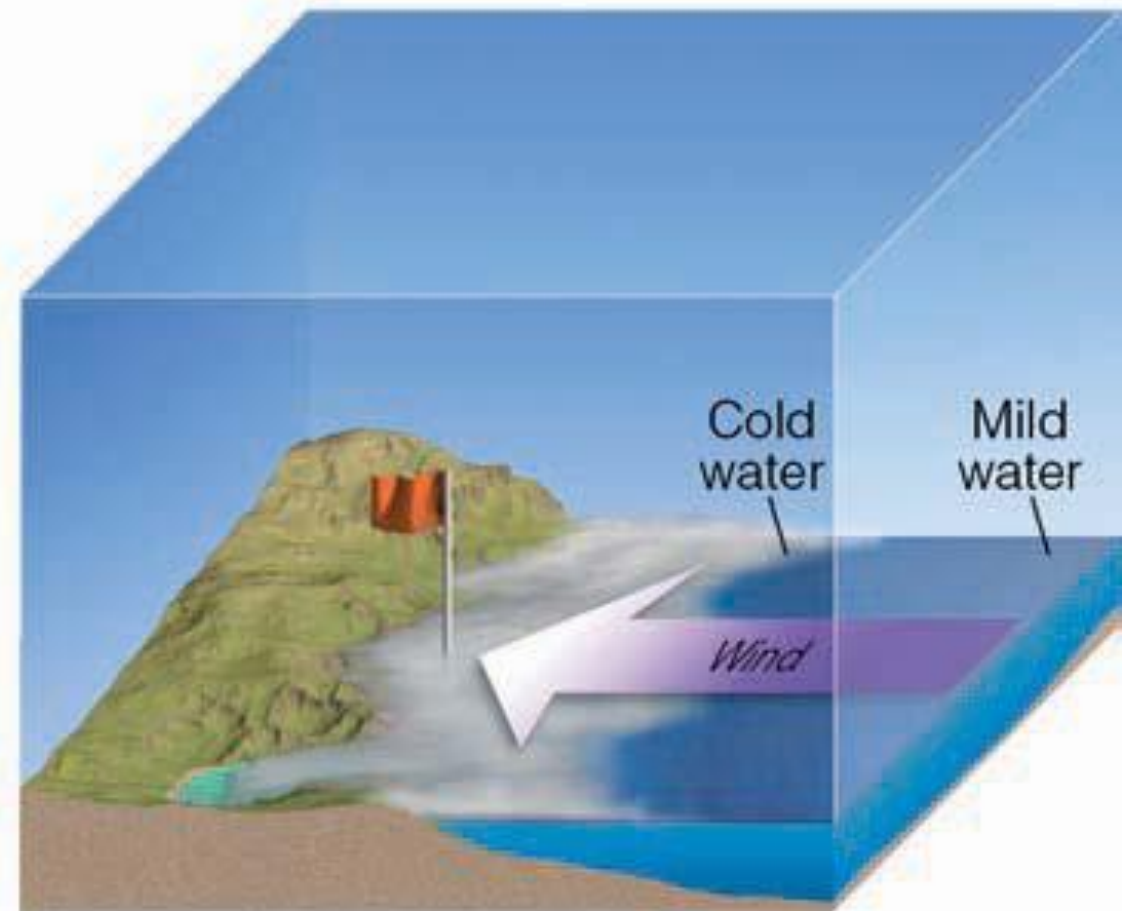
A superfície deve estar mais fria do que o ar acima, de forma que a transferência de calor do ar para a superfície irá resfriar o ar até o seu ponto de orvalho causando o nevoeiro.



Nevoeiro (a) radiativo e (b) advectivo

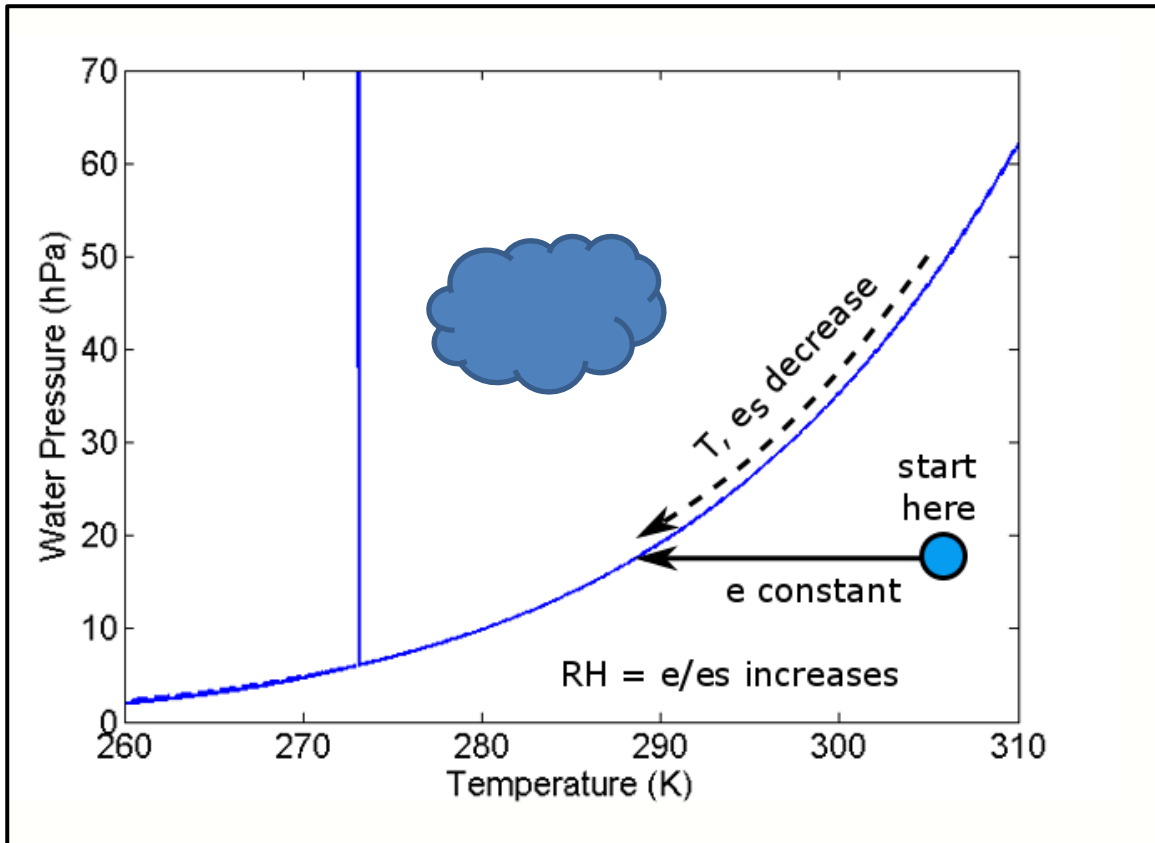


(a) Nevoeiro Radiativo



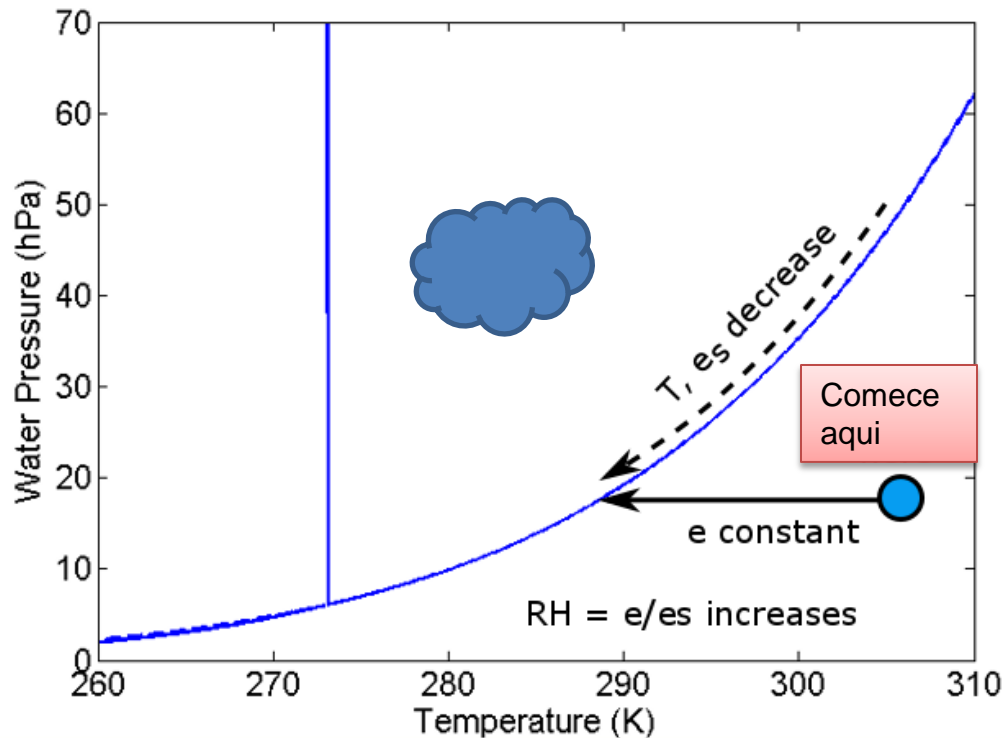
(b) Nevoeiro Advectivo

Como podemos obter super-saturação?



- Três mecanismos importantes para produzir resfriamento do ar são:
 - (i) a **radiação**,
 - (ii) **movimentos ascendentes** e
 - (iii) **misturas de parcelas de ar**.
- Radiação e misturas ocorrem á pressão constantes.
- Movimentos ascendentes ocorrem á energia constante (adiabáticos).

Como podemos obter super-saturação?



- **Radiação**
- Quando as massas de ar emitem radiação infra-vermelha elas se **resfriam**, mas a quantidade de vapor não se altera.
- A pressão de vapor (e) se mantém constante.
- Conforme T diminui a pressão de vapor de saturação e_s também diminui.
- Quando e_s torna-se ligeiramente menor do que e (ou $e > e_s$), a nuvem se forma.

Nevoeiro a partir de mistura de massas (quente & fria)

Duas parcelas de ar que se misturam.

Parcela **A** com temperatura $T = 20^{\circ}\text{C}$ e temperatura do ponto de orvalho (T_d) = 15°C .

Para uma temperatura de 20°C , a razão de mistura de saturação é 15.0 g/kg e para $T_d = 15^{\circ}\text{C}$ a razão de mistura de saturação é $10,8 \text{ g/kg}$

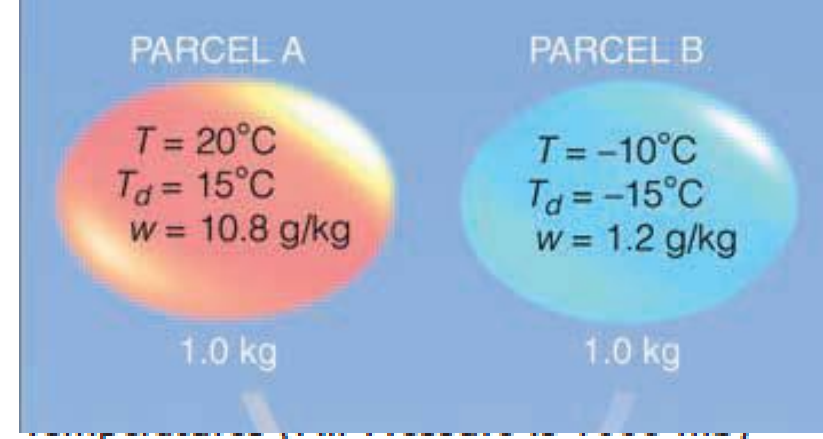
A **umidade relativa** é:

$$\text{RH} = 10.8 / 15.0 * 100 = 72\%.$$

Para a parcela **B** temos $T = -10^{\circ}\text{C}$, e $T_d = -15^{\circ}\text{C}$ (mais seca).

A **umidade relativa** é:

$$\text{RH} = 1.2 / 1.8 * 100 = 67\%.$$



Temperatura do Ar (C)	Razão de Mistura de Saturação (g/kg)
20	15.0
15	10.8
10	7.8
5	5.5
0	3.8
-5	2.6
-10	1.8
-15	1.2
-20	0.8

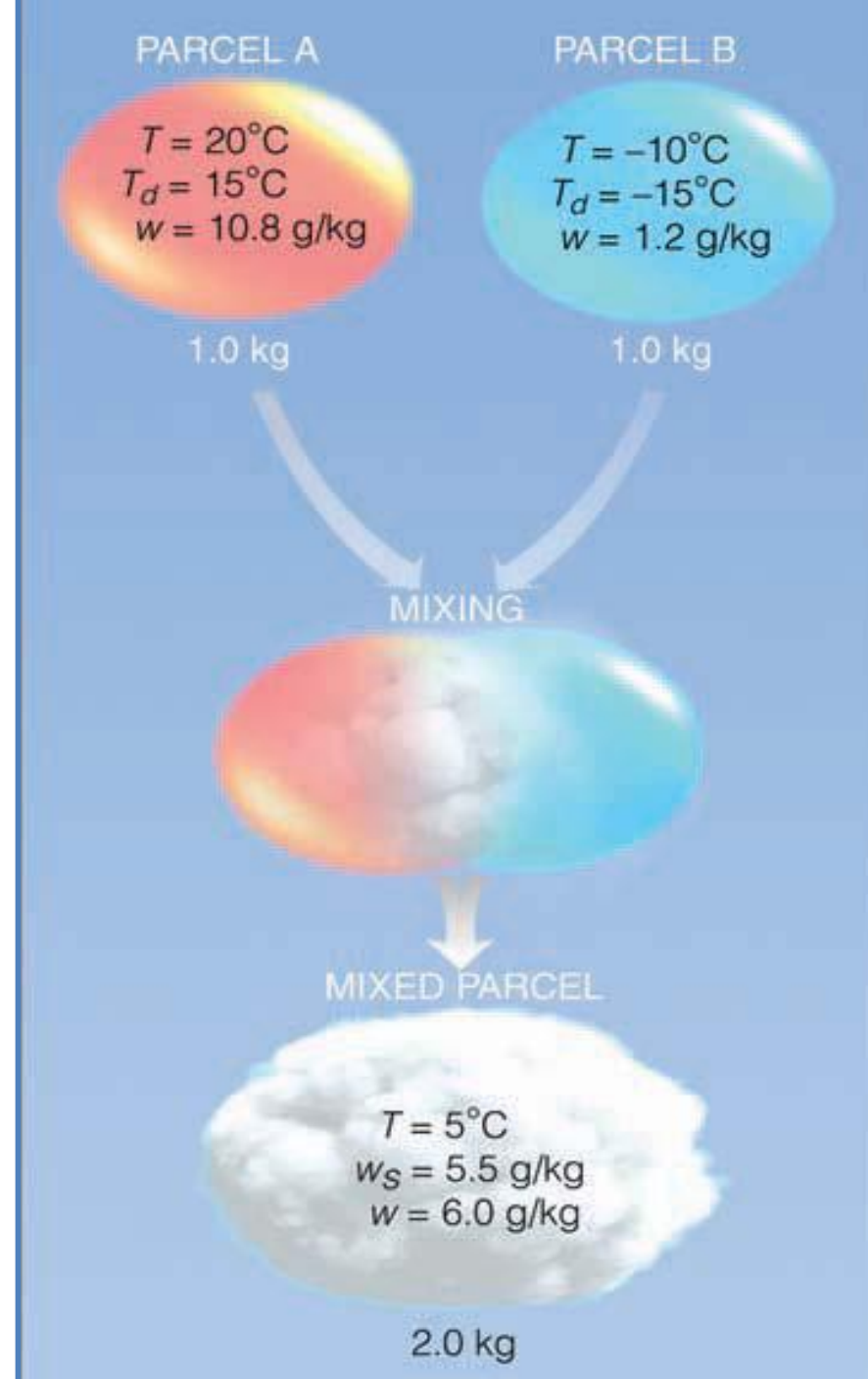
Nevoeiro a partir de mistura de massas (quente & fria)

Após a **mistura** temos a temperatura média $T_f = 5\text{ °C}$.

O **conteúdo de vapor** final será a soma das razões de mistura,

$$10.8\text{ g/kg} + 1.2\text{ g/kg} = 12.0\text{ g} / 2\text{ kg} = \mathbf{6.0\text{ g/kg}}$$

A razão de mistura de saturação de uma parcela de ar a 5 °C é $5,5\text{ g/kg}$ e portanto, o valor final da mistura de 6 g/kg indica que a parcela da mistura final está **supersaturada**.

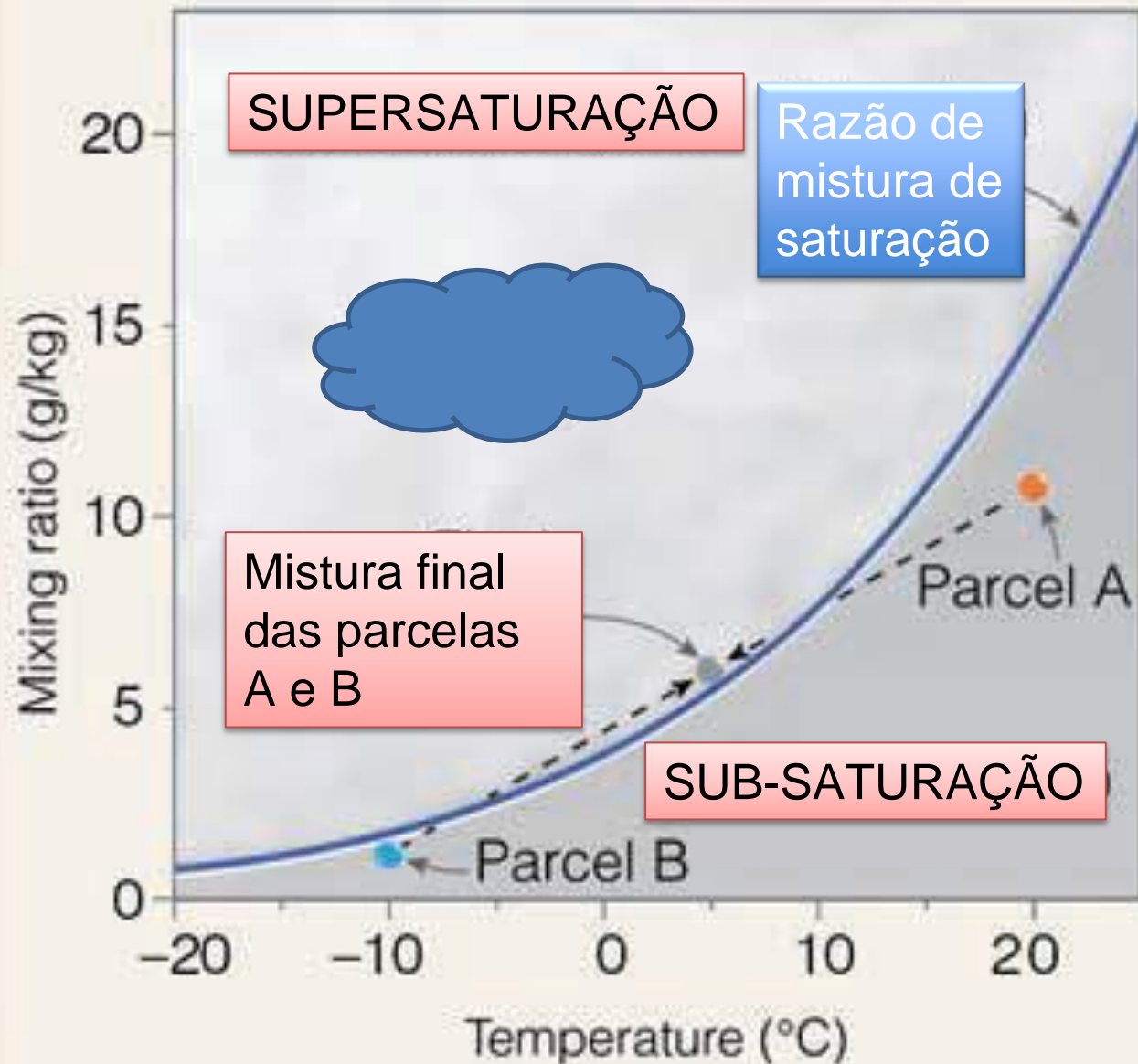


Nevoeiro a partir de mistura de massas (quente & fria)

Duas parcelas de ar **A** e **B** que se misturam

Na Figura, a linha azul é a **razão de mistura de saturação**.

A **mistura** de duas parcelas de ar **A** e **B** não saturadas podem produzir uma parcela saturada (**nevoeiro**).



Supersaturação - Mistura

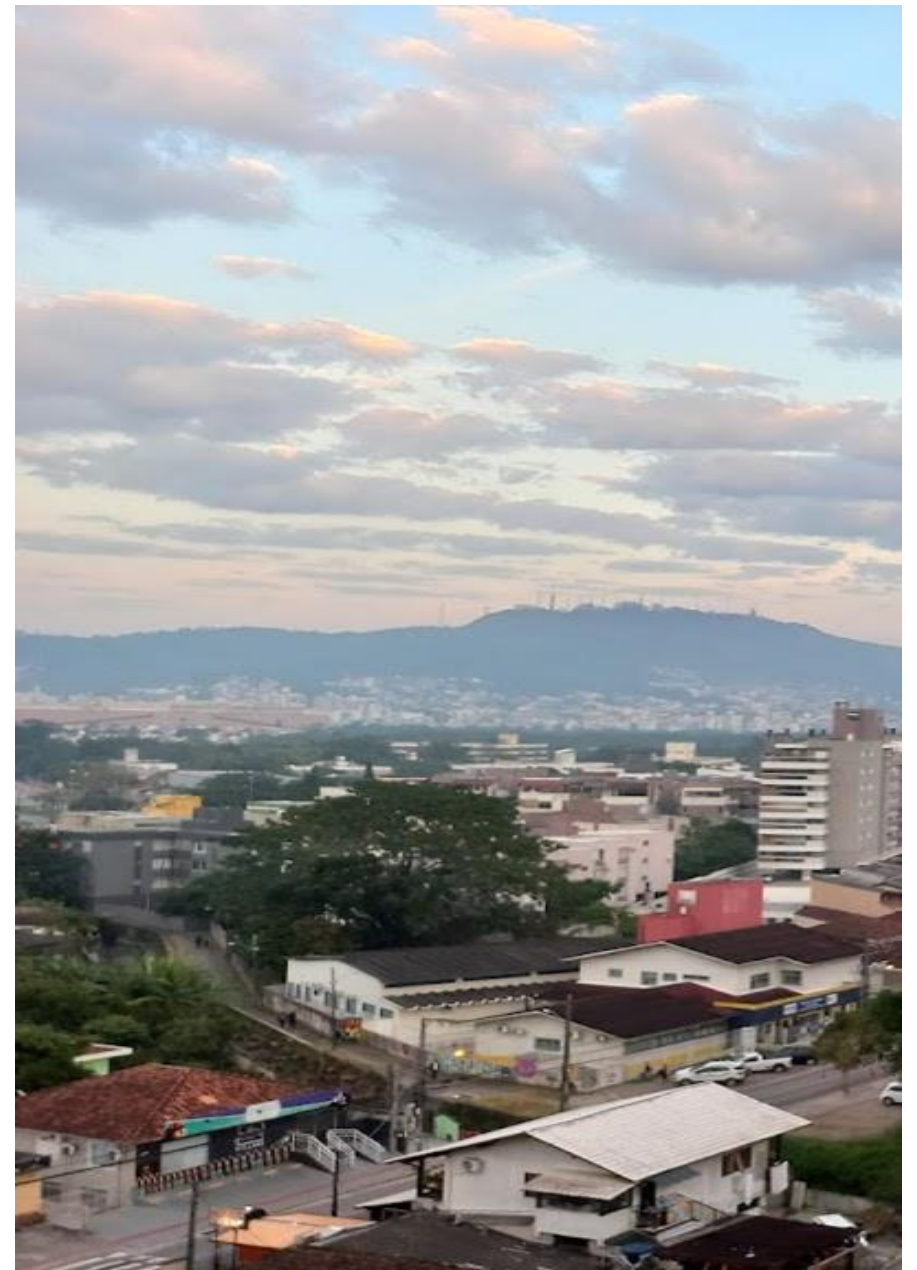


- Também temos o exemplo da **condensação** devido á respiração, que mistura ar quente e úmido dos pulmões com ar externo em um dia frio.



25 de Maio de 2022

Foto: Renato Ramos



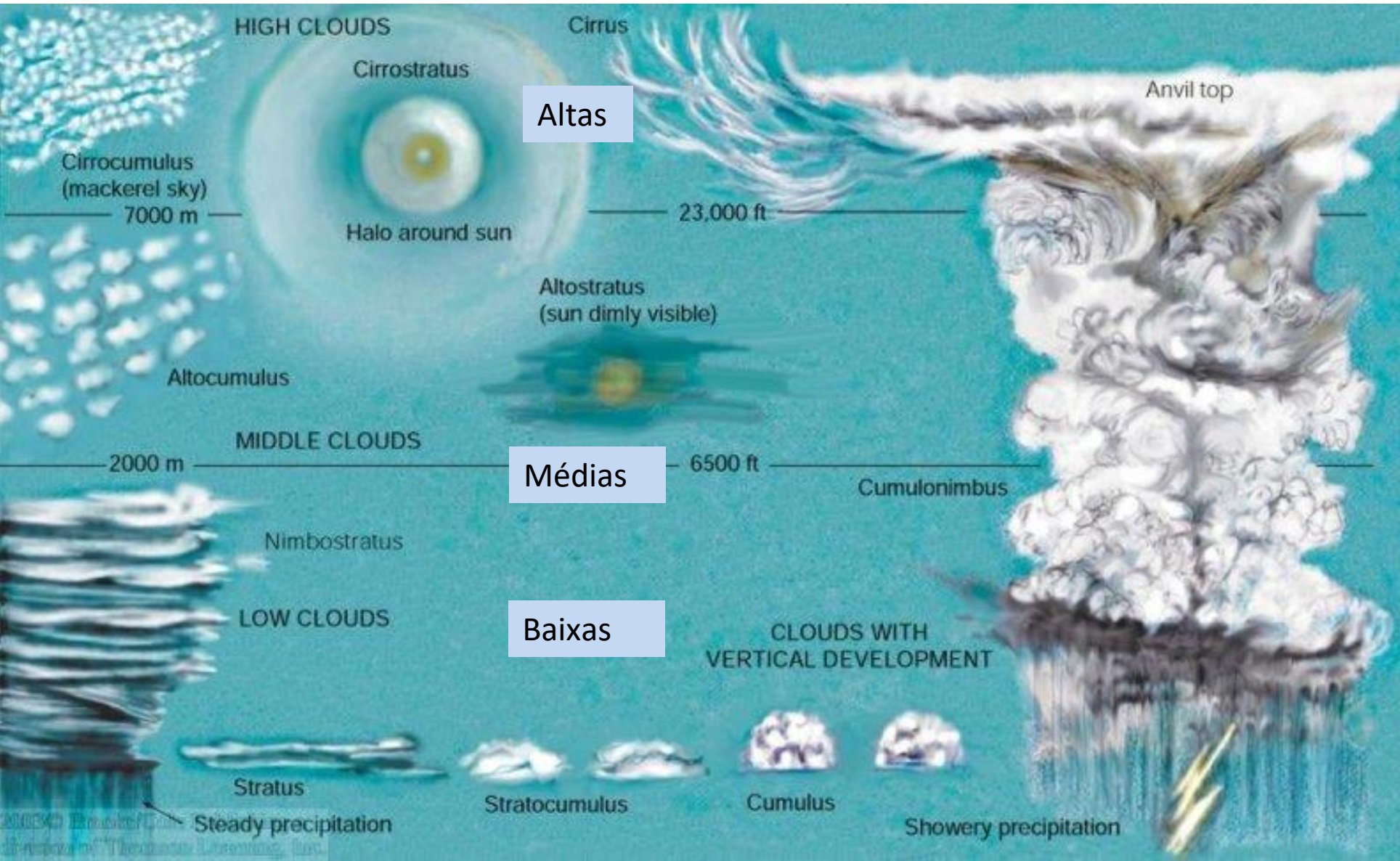
26 de Maio de 2022

Gotas de água podem formar-se a partir de um grande número de gotículas de **nevoeiro**.

Estas gotas são fontes fundamentais de água, principalmente em regiões muito secas.



De acordo com o **Atlas Internacional de Nuvens** da OMM existem três estágios de nuvens:
Nuvens **Altas**: base acima de 6km de altura - **sólidas**.



Nuvens **Médias**:
base entre 2 a 4
km de altura nos
pólos, entre 2 a 7
km em latitudes
médias, e entre 2
a 8 km no
equador - **líquidas
e mistas**.

Nuvens **Baixas**:
base até 2km de
altura - **líquidas**.

Cirrus (CI):
aspecto
delicado, sedoso
ou fibroso, cor
branca brilhante.



Cirrocumulus (CC): delgadas, compostas de elementos muito pequenos em forma de grânulos e rugas. Indicam base de corrente de jato e turbulência.



Cirrostratus (CS): véu transparente, fino e esbranquiçado, sem ocultar o sol ou a lua, apresentam o fenômeno de halo.



Alto cumulus (AC): lençol ou camada de nuvens brancas ou cinzentas, tendo geralmente sombras próprias. Constituem o chamado "céu encarneirado".



Altostratus (AS): camadas cinzentas ou azuladas, muitas vezes associadas a altocumulus; compostas de gotículas super-resfriadas e cristais de gelo; não formam halo, encobrem o sol; precipitação leve e contínua.



Nimbostratus (NS): aspecto amorfo, base difusa e baixa, muito espessa, escura ou cinzenta; produz precipitação intermitente e mais ou menos intensa. (“**nimbus=chuva**”)



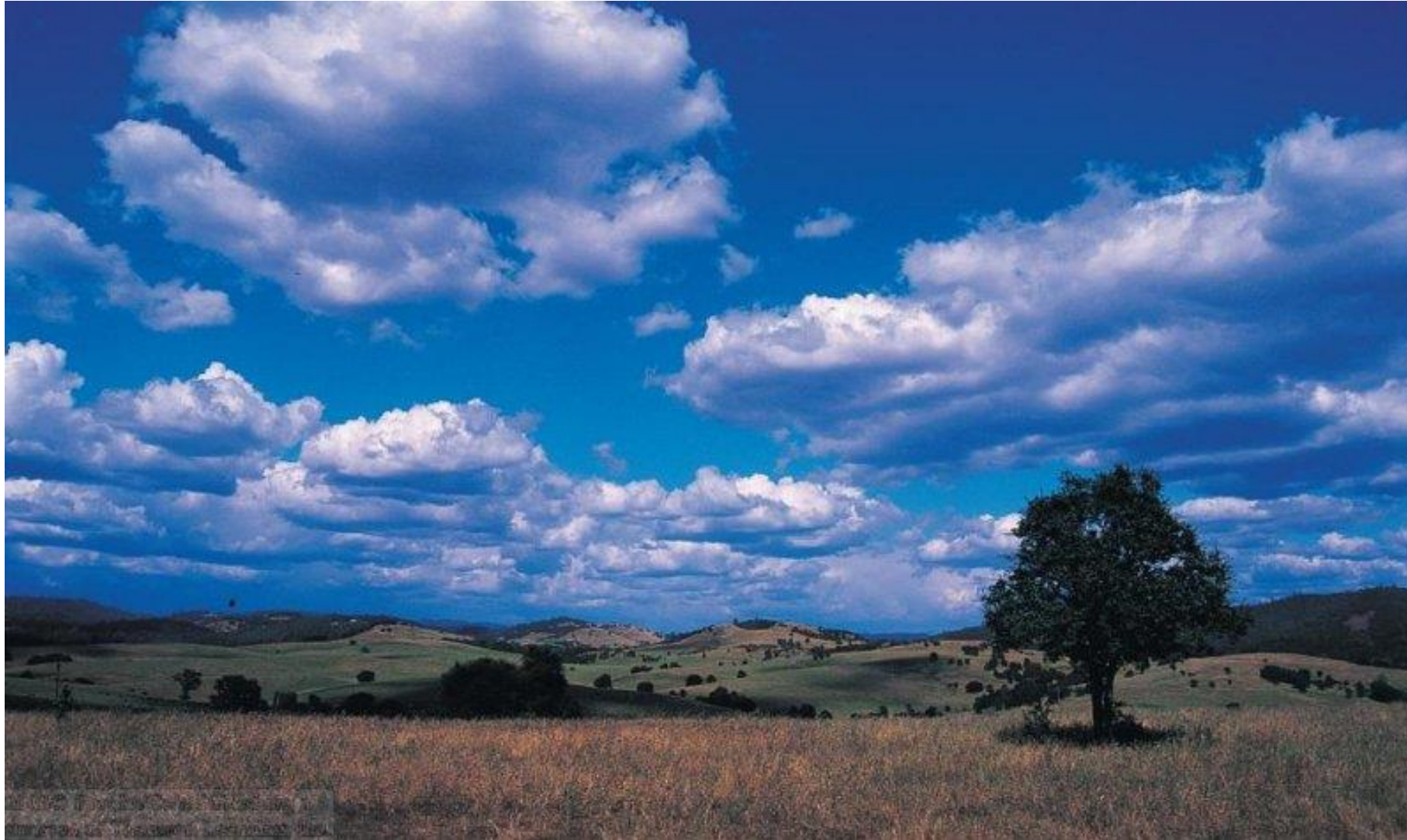
Stratocumulus (SC): lençol contínuo ou descontínuo, de cor cinza ou esbranquiçada, tendo sempre partes escuras. Quando em vôo, há turbulência dentro da nuvem.



Stratus (St): muito baixas, em camadas uniformes e suaves, cor cinza; coladas à superfície é o nevoeiro; apresenta topo uniforme (ar estável) e produz chuvisco (garoa). Quando se apresentam fracionadas são chamadas fractostratus (FS).



Cumulus (Cu): contornos bem definidos, assemelham-se a couve – flor. Podem ser orográficas ou térmicas (convectivas).



Cumulus congestus – possuem rápido desenvolvimento vertical.



Cumulonimbus (CB): nuvem de trovoadas; base entre 700 e 1.500 m, com topos chegando a **24 e 35 km** de altura, sendo a média entre 9 e 12 km; são formadas por gotas d'água, cristais de gelo, gotas superesfriadas, flocos de neve e granizo. Caracterizadas pela "bigorna": o topo apresenta expansão horizontal devido aos ventos superiores, lembrando a forma de uma bigorna de ferreiro, e é formado por cristais de gelo, sendo nuvens do tipo Cirrostratos (CS).



Lenticulares - Estas nuvens formam-se devido á ondas atmosféricas que formam-se próximo de montanhas. As nuvens tem uma forma de lente e geralmente formam-se umas sobre as outras.



Banner – Nuvens que formam-se sobre montanhas individuais devido ao movimento do vento acima.



Pileus – esta nuvem surge no topo de cumulus congestus ou cumulonimbus devido ao fluxo de ar sob o topo destas nuvens.



Mamatus – Geralmente as nuvens formam-se devido ao movimento ascendente do ar, mas as nuvens mamatus formam-se devido ao movimento descendente do ar.

Estas nuvens geralmente formam-se na parte baixa de cumulonimbus, mas podem formar-se também abaixo de cirrocumulus, altostratus, altocumulus e stratocumulus.

Para sua formação, o ar abaixo deve ser mais frio do que o ar acima, e possuir alta concentração de água e gelo.



Contrail – (condensation trail) – Aviões a jato que voam em altas altitudes geralmente produzem nuvens cirrus.

A condensação pode ocorrer diretamente a partir do vapor d'água adicionado ao ar pelo exaustor do avião. Neste caso deve existir mistura de ar quente suficiente para com ar frio para produzir saturação.

A emissão de partículas pelo exaustor emite partículas que funcionam como núcleos de condensação formando cristais de gelo. Se a umidade relativa é alta, os contrails podem durar várias horas.

Physical processes analysis of contrails formation over the South Brazil Region (V. Lins & Ramos da Silva, 2020)

<https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/55316/html>

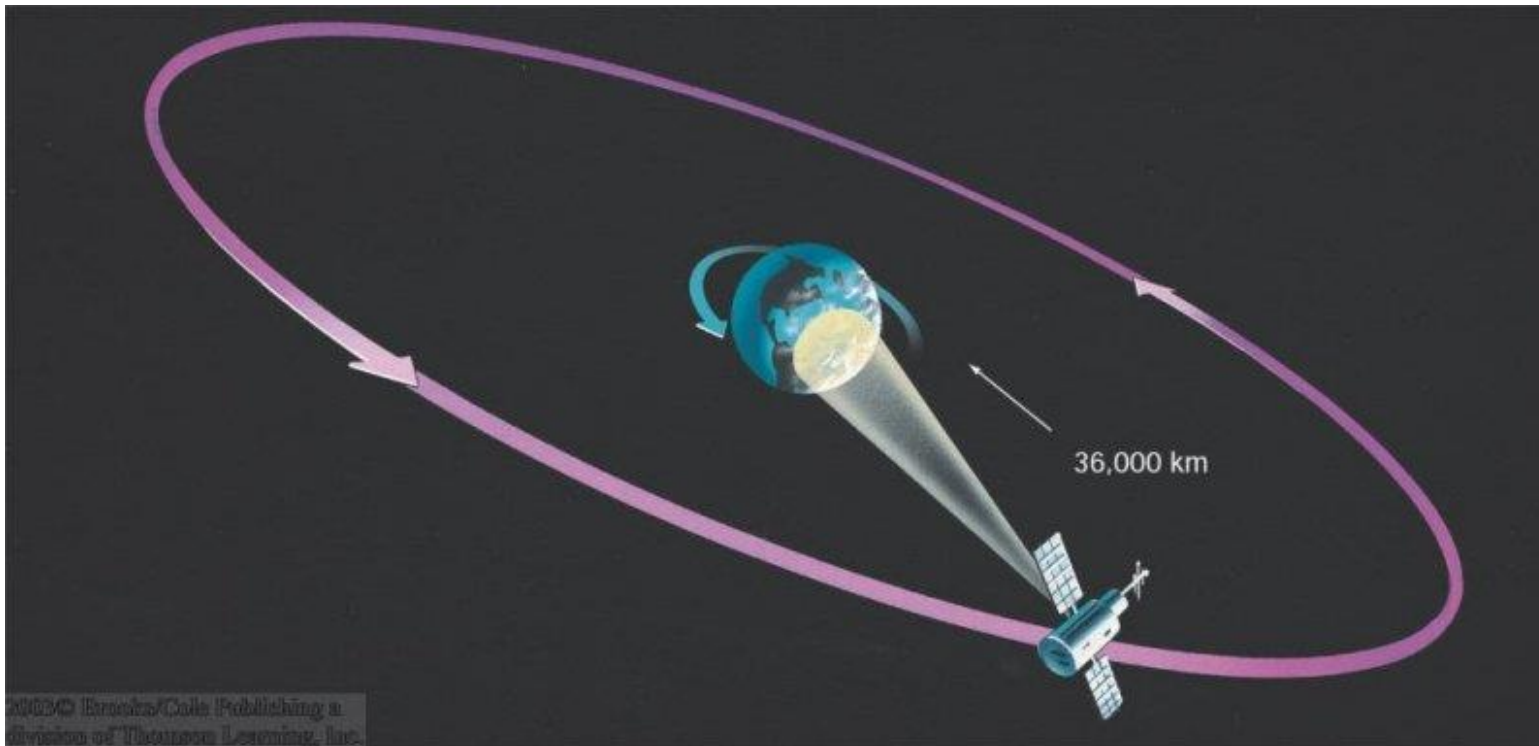


Observações de nuvens por satélite

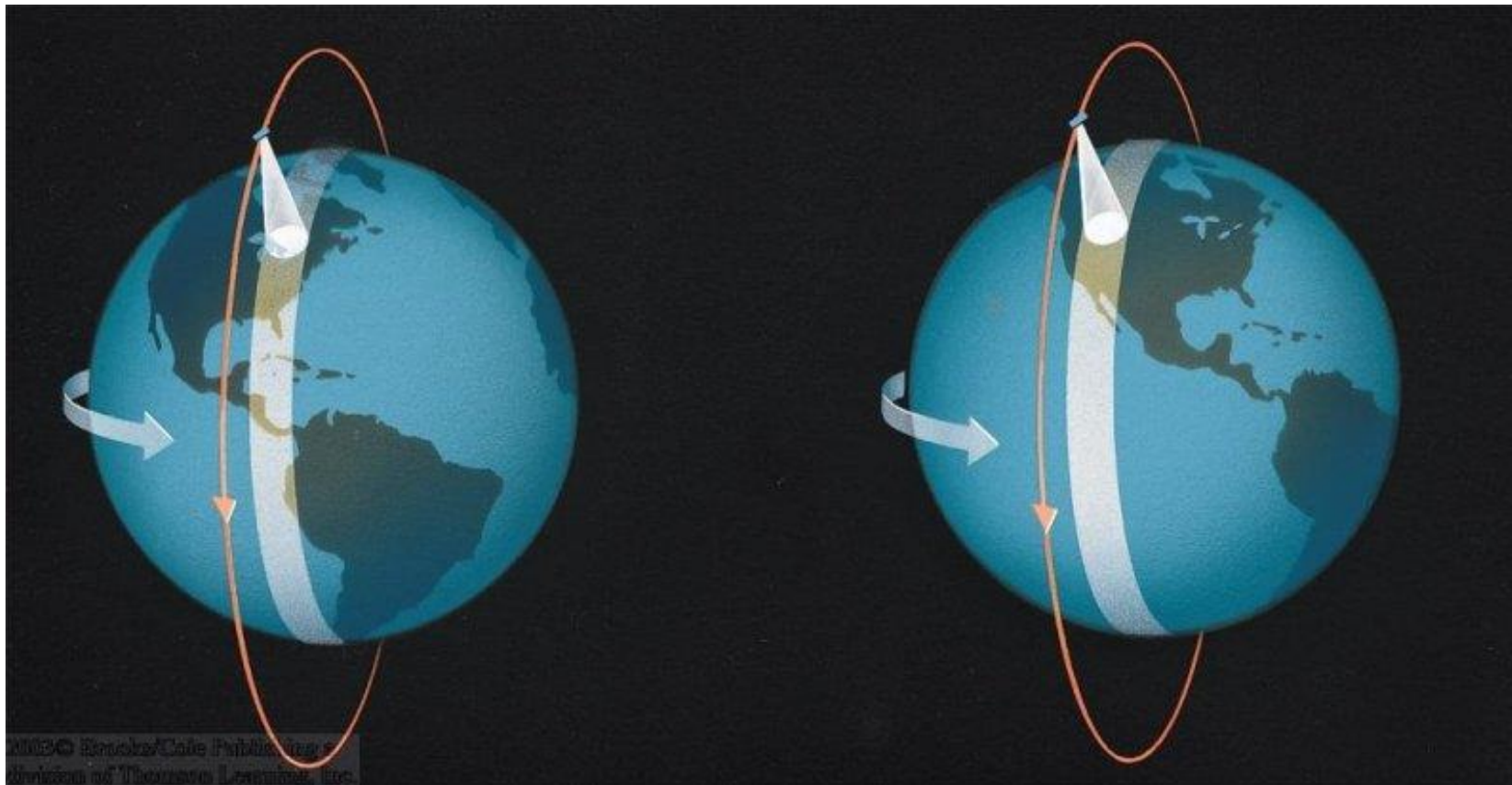
O satélite geo-estacionário possui órbita sobre o Equador a uma altitude de 36.000 km e acompanha o movimento da Terra sempre sobre um mesmo ponto.

Estes satélites permitem monitorar continuamente uma dada região em tempo real (Exemplo: GOES, Meteosat, etc).

<https://www.windy.com/pt/-Mostrar-adicionar-mais-camadas/overlays?satellite,-17.937,-45.439,4>

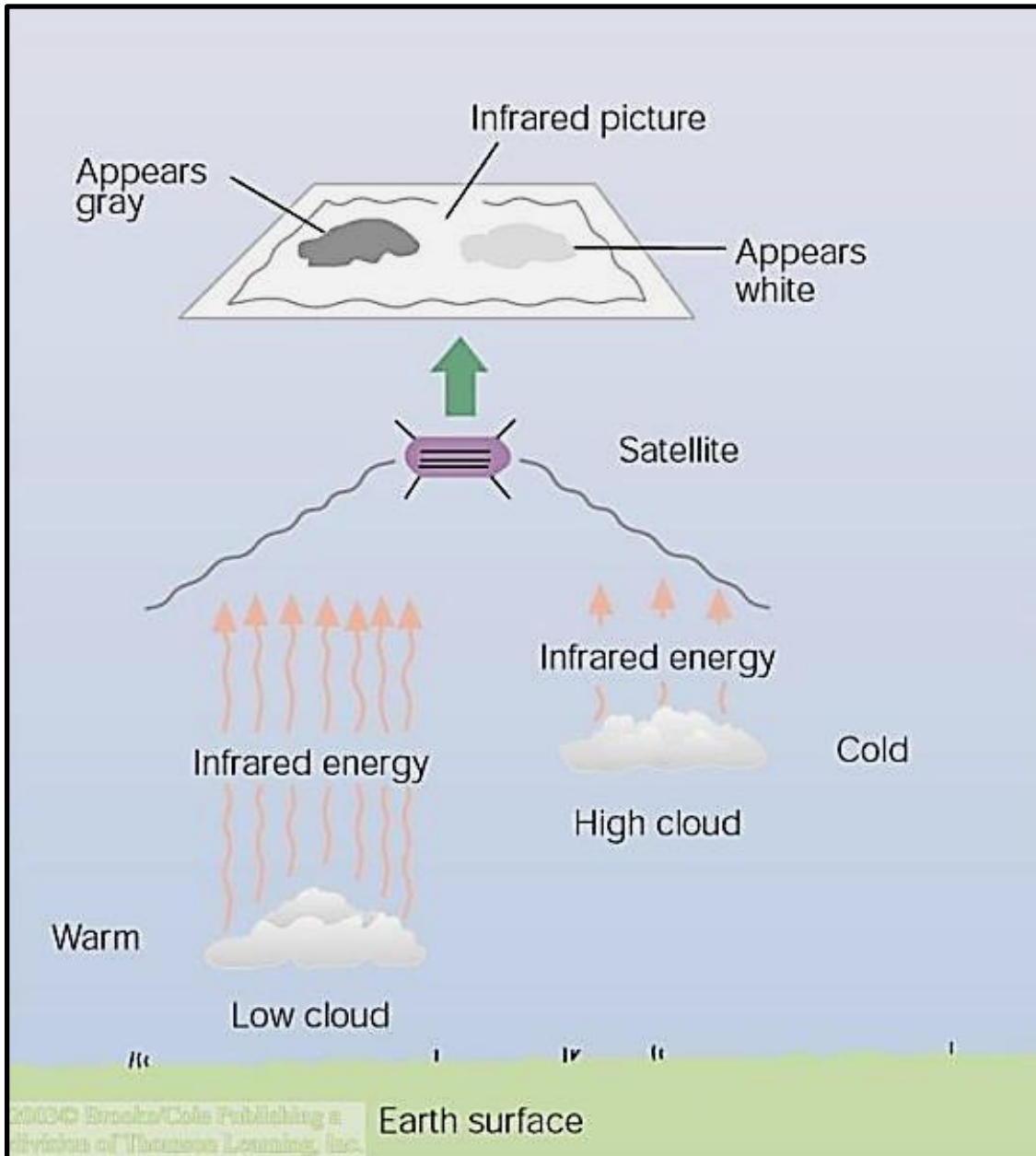


Os satélites de **órbita polar** passam pelos pólos a cada revolução.
Conforme a terra rotaciona sobre o seu eixo, os satélites cobrem uma região diferente a cada passagem.
Estes satélites possuem órbitas mais baixas (aprox. 850 km) e permitem imagens mais detalhadas. (Exemplos: Aqua, Terra, TRMM, NOAA, etc).



<https://worldview.earthdata.nasa.gov/>

Satélites Meteorológicos



Os sensores do satélite podem captar imagens **visíveis** que correspondem á reflexão da radiação solar.

Nuvens mais espessas possuem albedo (reflexividade) maior.

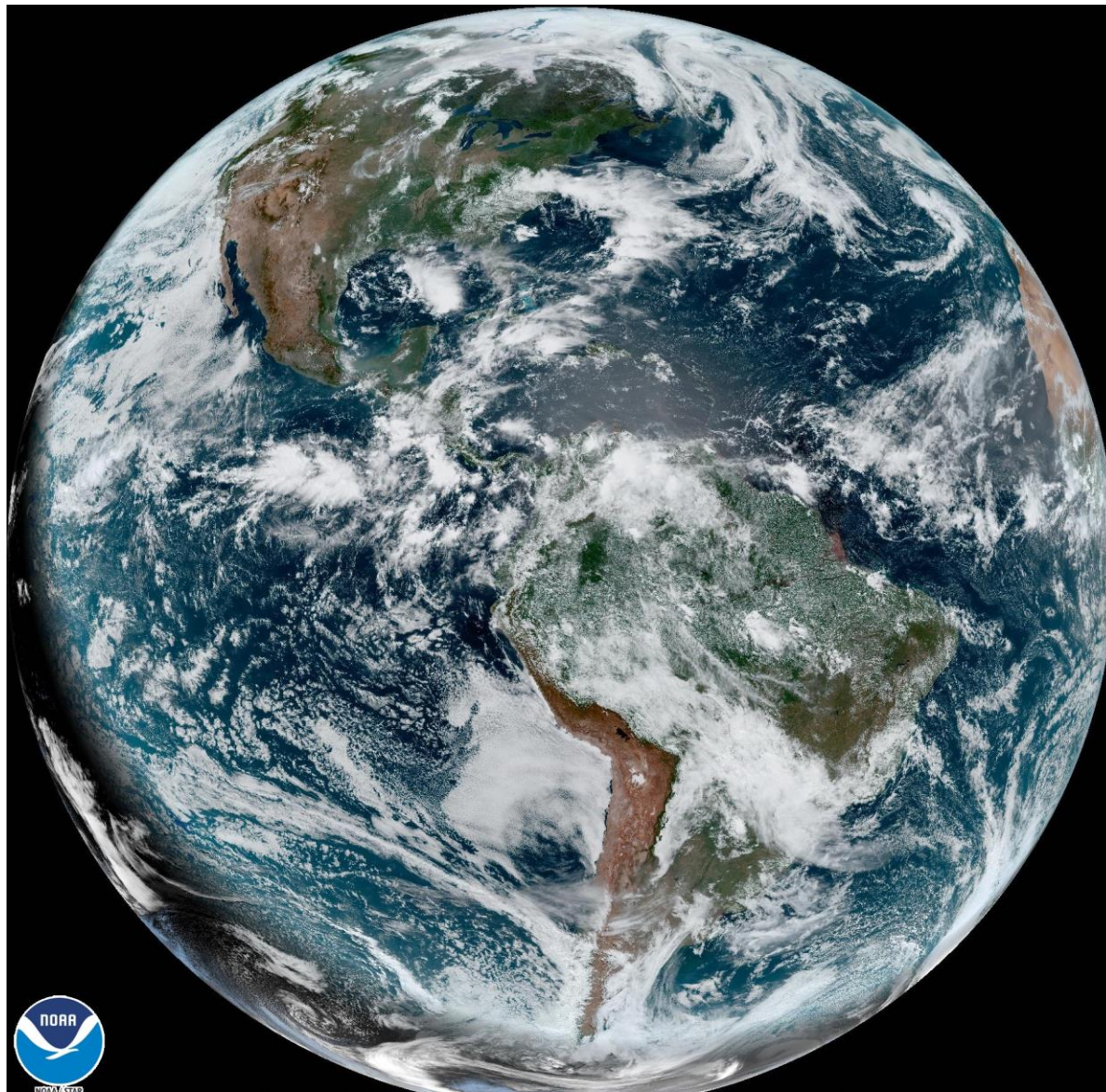
Imagens do canal **infra-vermelho** captam informações da radiação emitida pelo topo das nuvens.

Sabemos que **nuvens mais altas** tem emissão mais baixa, pois tem o topo com **temperaturas mais baixas**.

Em geral as nuvens mais altas aparecem mais esbranquiçadas do que as nuvens com topo mais baixos.

Lembre que a emissão é proporcional á temperatura (i.e. T^4).

Satélite Meteorológico



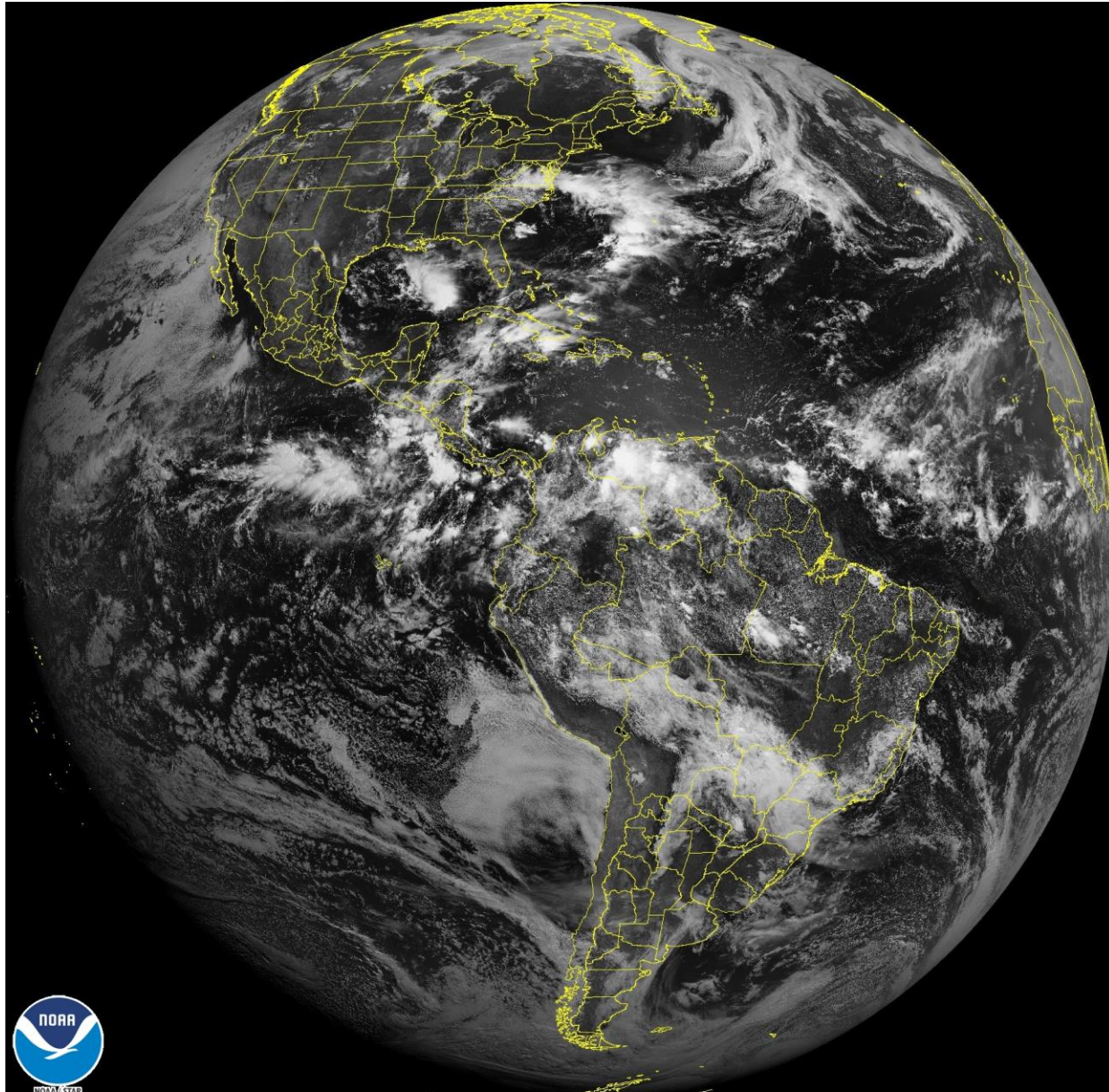
Satélite **GOES 16** (East)
Imagem Vários canais
30/Maio/2023
15:50 UTC



30 May 2023 15:50Z - NOAA/NESDIS/STAR - GOES-East - GEOCOLOR Composite

<https://www.star.nesdis.noaa.gov/GOES/fulldisk.php?sat=G16>

Satélite Meteorológico



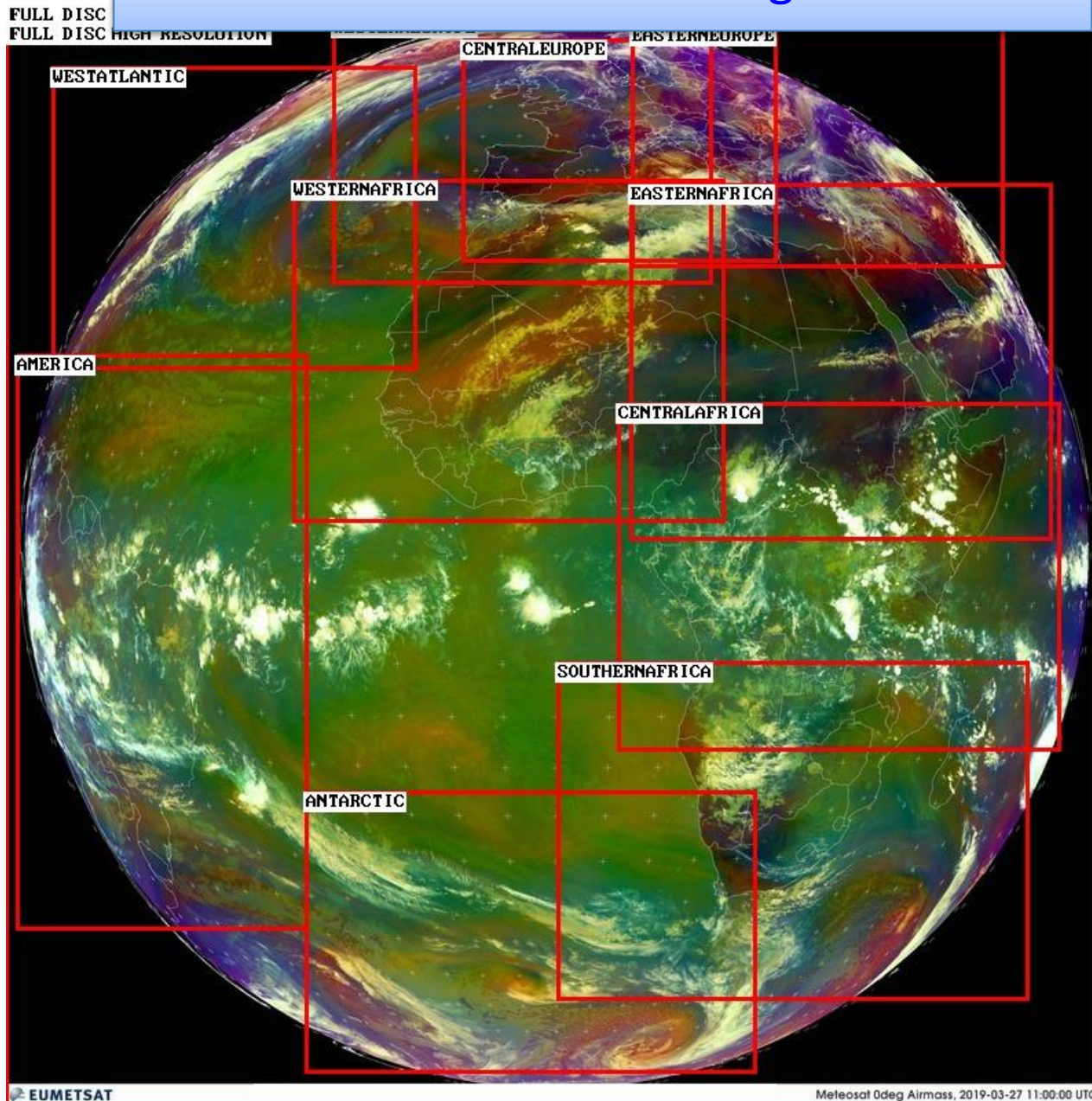
Satélite GOES 16
Imagem canal
visível
30/Maio/2023
15:30 UTC



30 May 2023 15:30Z - NOAA/NESDIS/STAR - GOES-East - Band 02 - FULL DISK

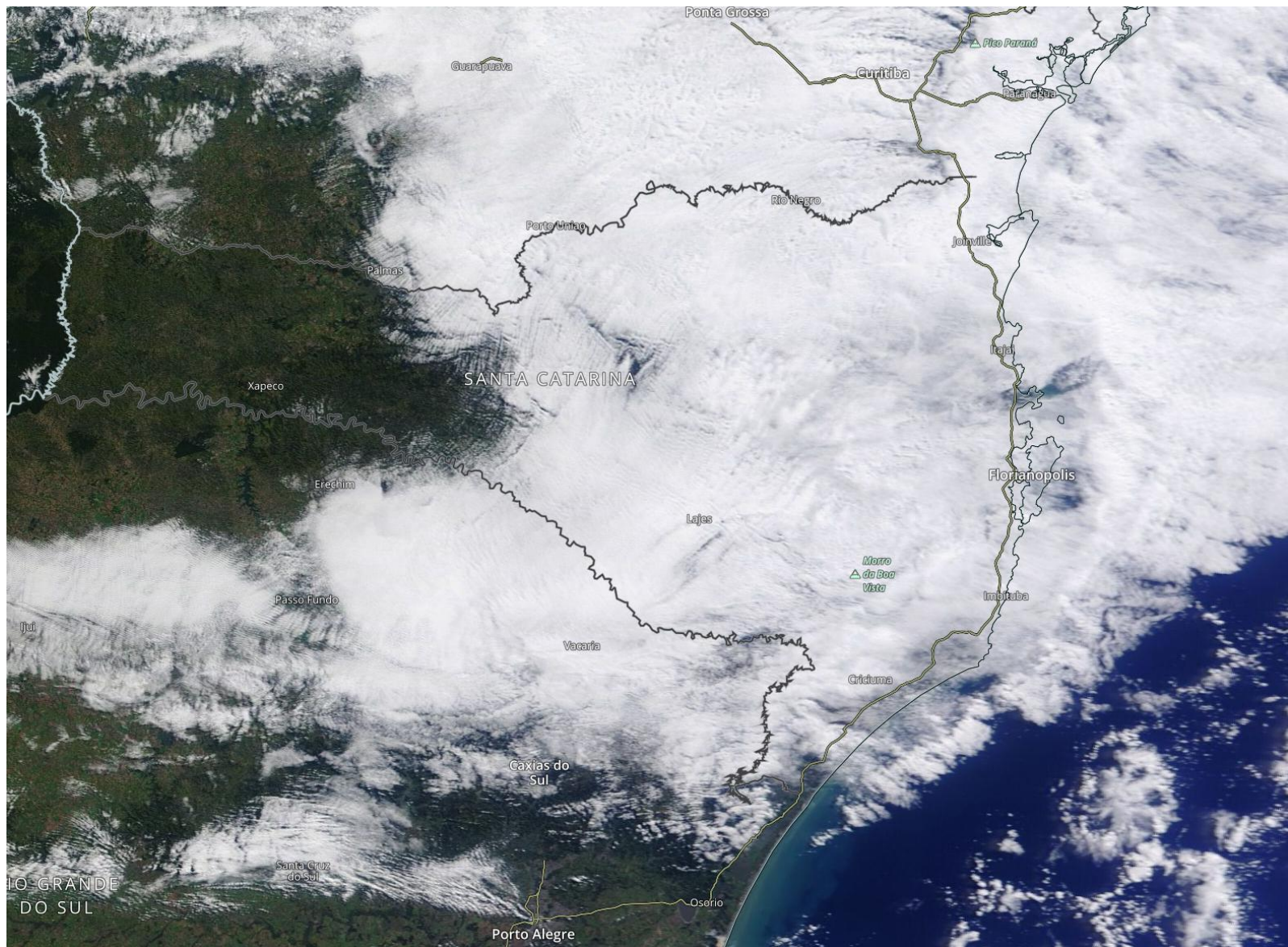
<https://www.star.nesdis.noaa.gov/G0ES/fulldisk.php?sat=G16>

Satélite Meteorológico



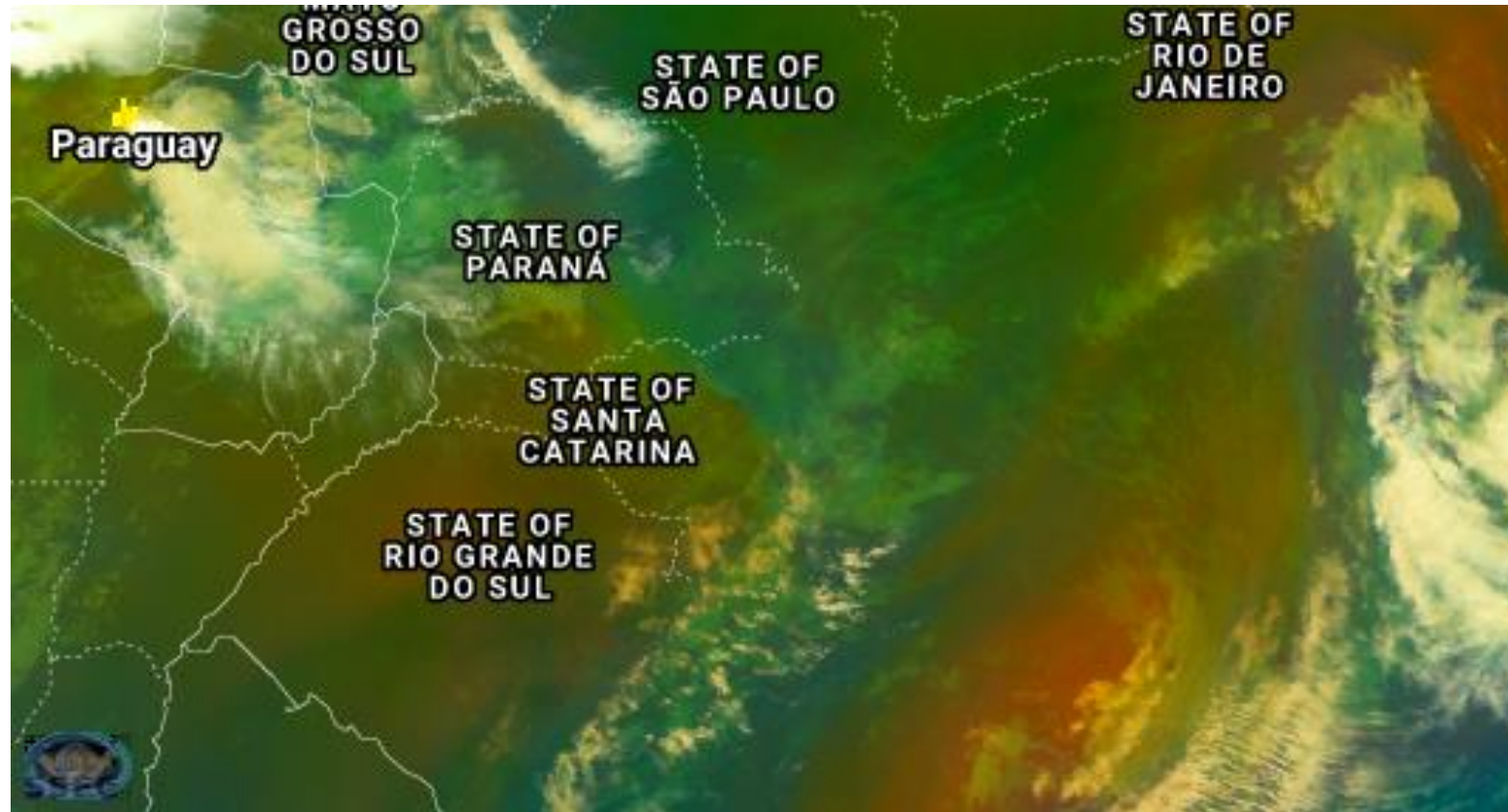
Meteosat
Multi canais
27/Março/2019
11:00 UTC

Satélite de Órbita Polar - Terra – 29 de Maio de 2023



<https://worldview.earthdata.nasa.gov>

GOES 16 – tempo real



<http://realearth.ssec.wisc.edu/?products=GOES-16-DayMicrophysics-dms.100,G16-ABI-FD-BAND13-GRAD.100,GOES-16-DayConvectiveStorm-cve.100,GOES-16-24hrAirMass-arm.100,glmgroupdensity.100¢er=-26.97103760625557,-48.52661132812501&zoom=6&width=1015&height=647&basemap=satellite&labels=google&view=leaflet&timeproduct=GOES-16-DayMicrophysics-dms×pan=-6t&animationspeed=50&animate=true>

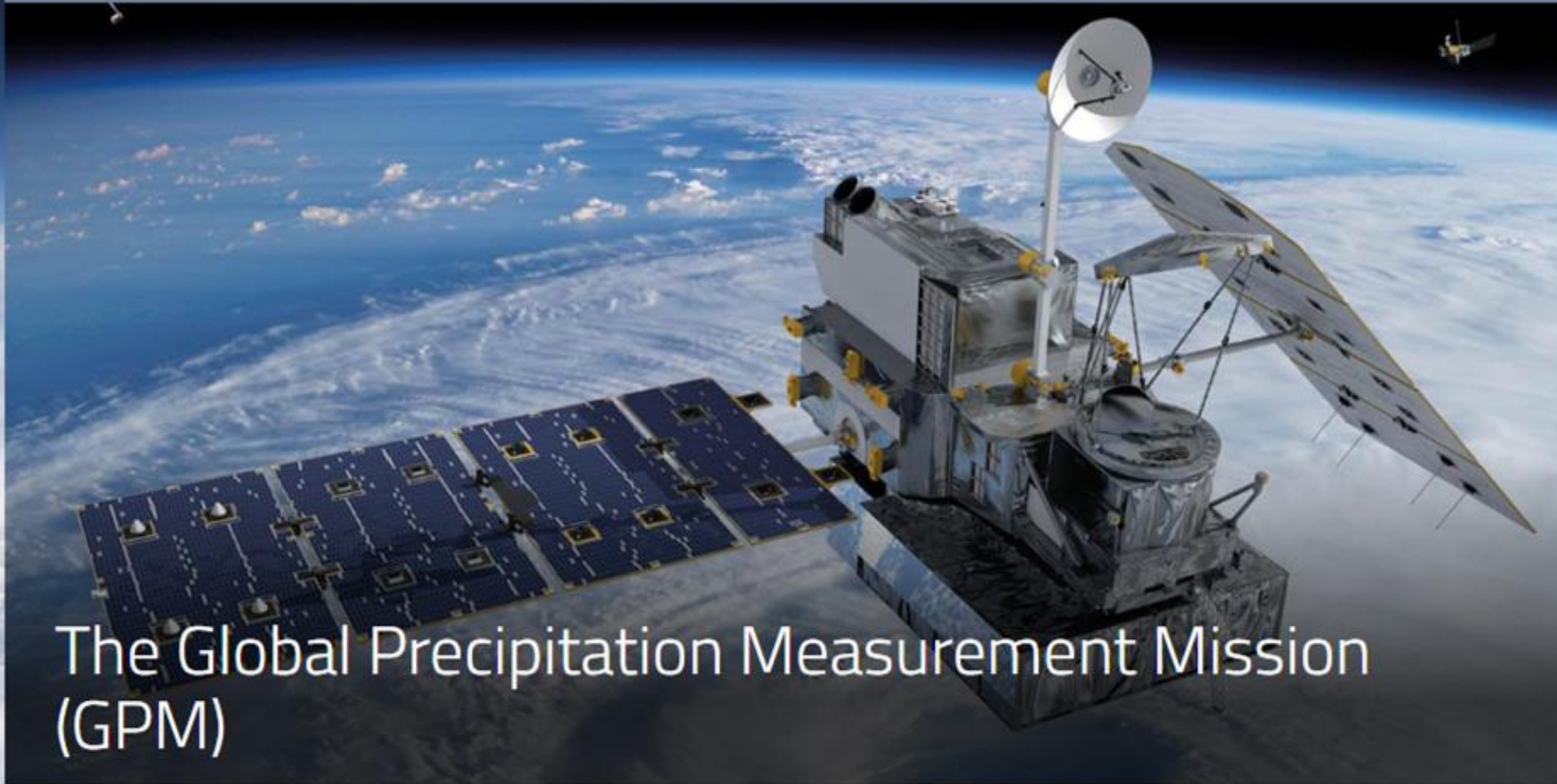


GLOBAL PRECIPITATION MEASUREMENT

SEARCH
CONTACT

Missions Data Applications Science Resources Education

Home > Missions > GPM



Missions

GPM

GPM Core Observatory
GPM Microwave Imager (GMI)
Dual-frequency Precipitation Radar (DPR)
GPM Constellation
Launch

TRMM

Spacecraft and Instruments

Extreme Weather News
Articles

<https://gpm.nasa.gov/missions/GPM>

Catastrophic Impact of an Atmospheric River on southern Brazil

Renato Ramos da Silva (UFSC)

IARC – International Atmospheric Rivers Conference

B = Bomb Extratropical Cyclone
 $IVT > 1000$ ($\text{kg m}^{-1}\text{s}^{-1}$)

Squall line = Derecho 100 km/hr
Winds 850hPa=70 km/hr; 500hPa 170 km/hr
Damages 208 cities (70% of SC)
11 fatalities at SC

ERA5 IVFLUX 30jun2020-18:00UTC

