

Interação entre Nuvens e Radiação






Importância das nuvens

- Nuvens cobrem ~ 60% da superfície da Terra
- Refletem, absorvem e transmitem a radiação solar
- Refletem, absorvem e emitem radiação terrestre

⇒ O efeito líquido resultante de sua interação com a radiação pode ser tanto de aquecimento quanto de resfriamento do sistema Terra-atmosfera!

Nuvens

Nas regiões espectrais do visível e infravermelho próximo do espectro:

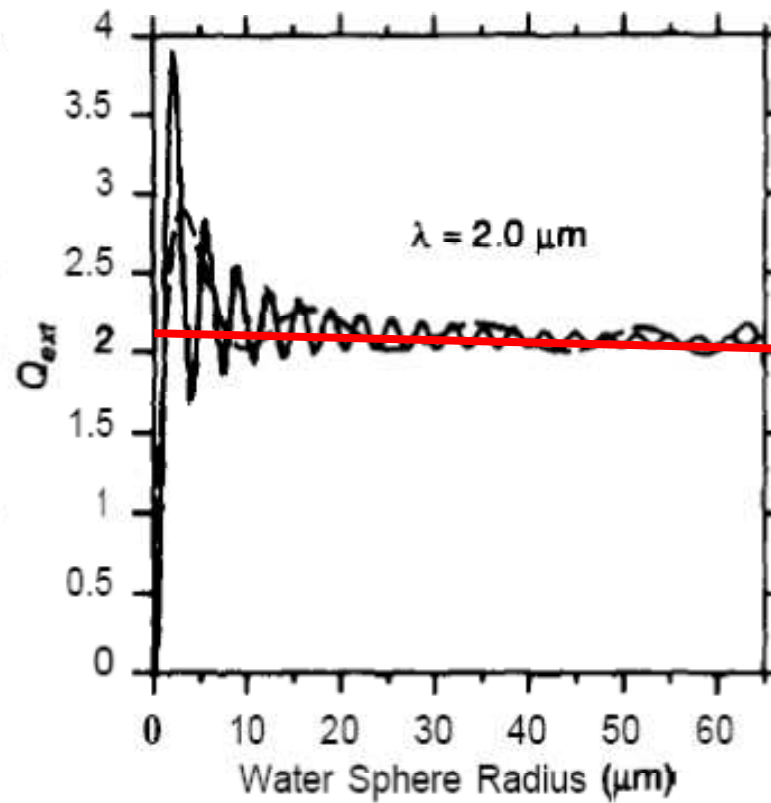
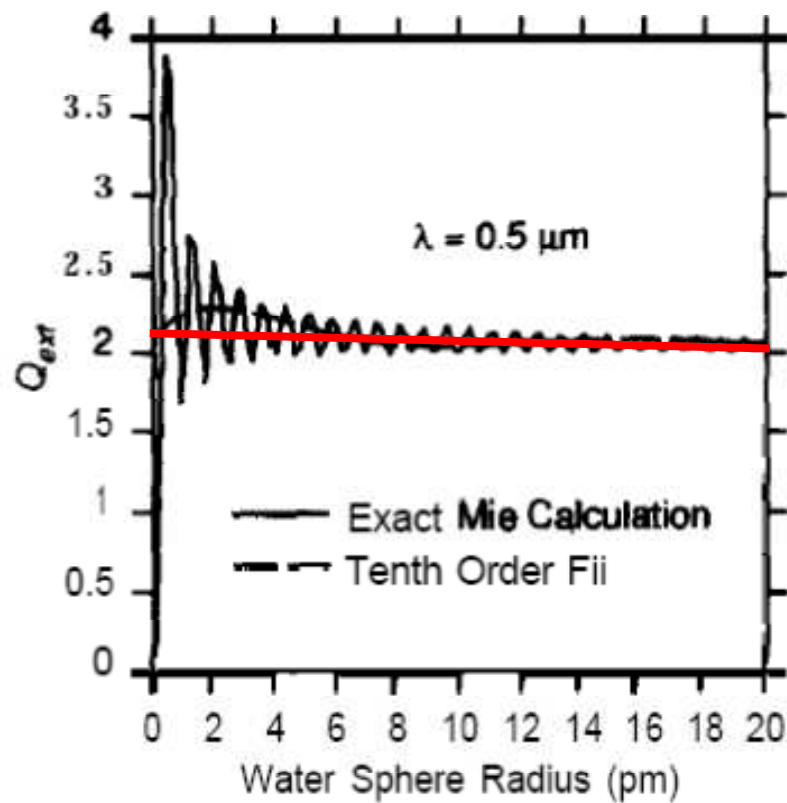
- as gotas de nuvens são **espalhadores não seletivos espectralmente** 
- a eficiência de espalhamento é alta 
- água líquida não absorve radiação no visível, portanto, as nuvens apresentam mínima absorção nessa região do espectro.
- No NIR a absorção aumenta devido ao aumento dos coeficientes de absorção tanto do vapor quanto da água líquida 
- Em média, sobre o espectro solar, as nuvens espalham 74%, absorvem 10%, e transmitem 16% da radiação incidente.

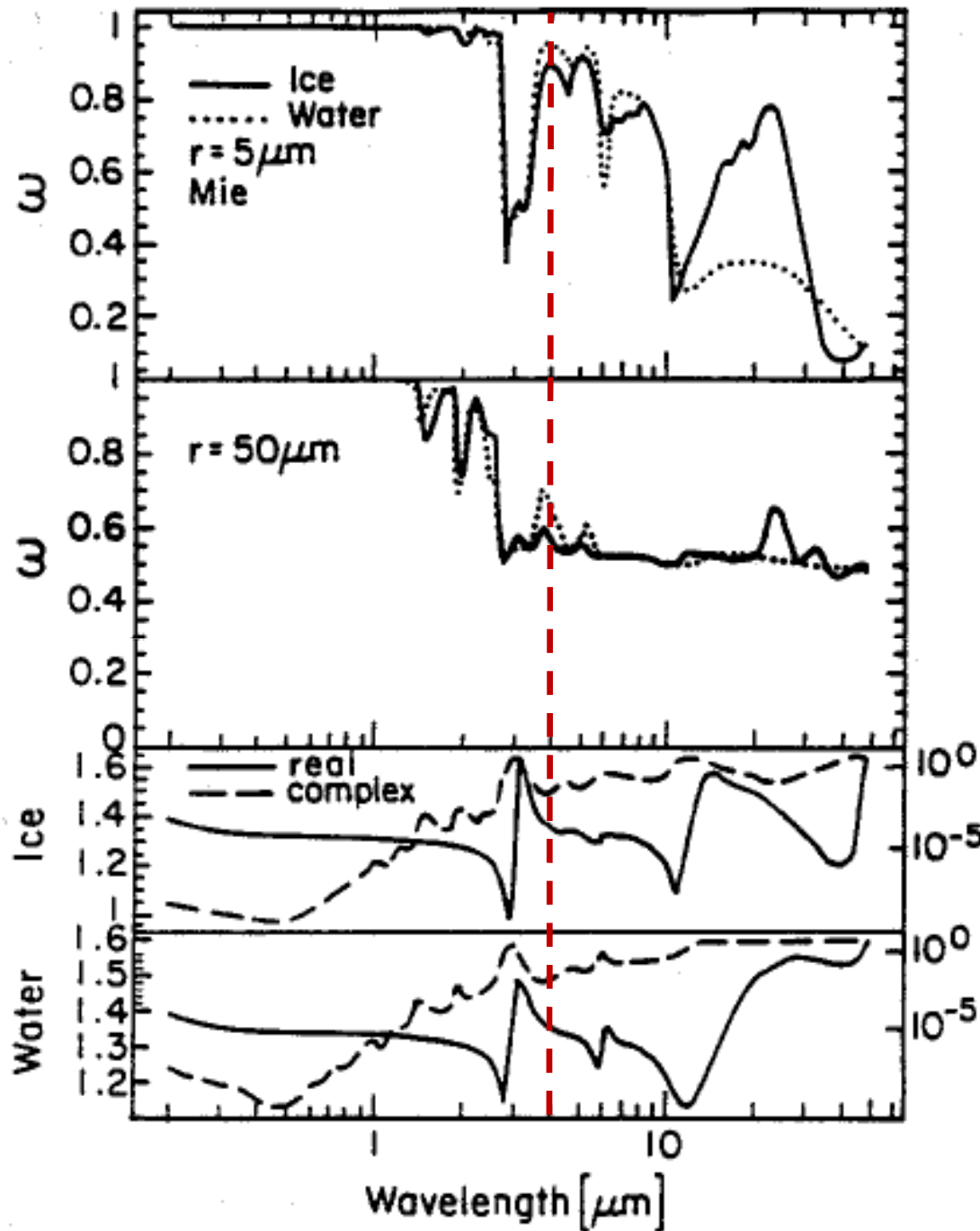


Espectro solar

P. Chylek et al. / Atmospheric Research 35 (1995) 139-156

145





Twomey and Seton, 1980,

Albedo simples
para esferas de
gelo e água
com raio de
5 μm e 50 μm

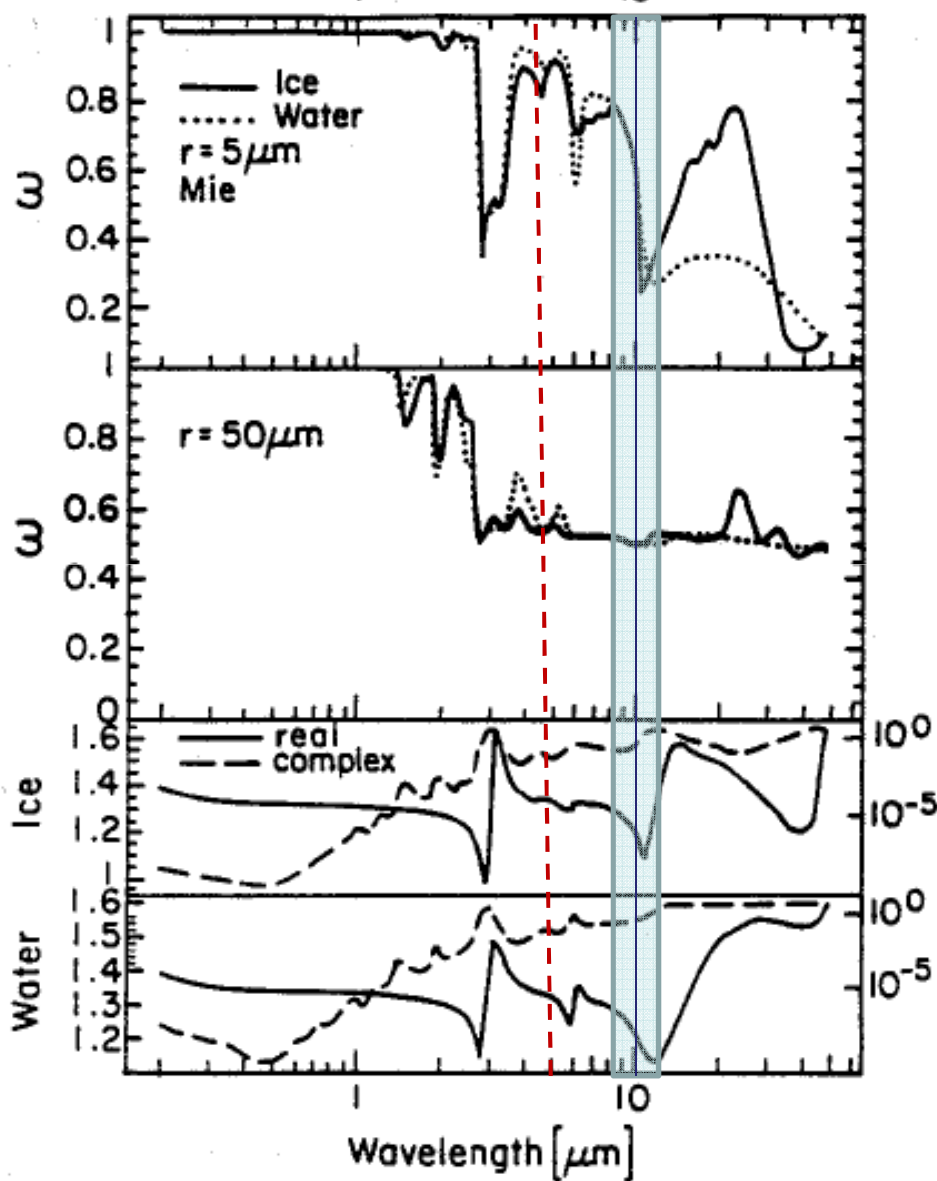
Índice de
refração
complexo para
gelo e água



Nuvens

No infravermelho, propriedades ópticas apresentam maiores diferenças de acordo com o tamanho e fase da água.






Twomey and Seton, 1980,

Albedo simples
para esferas de
gelo e água
com raio de
 $5\ \mu\text{m}$ e $50\ \mu\text{m}$

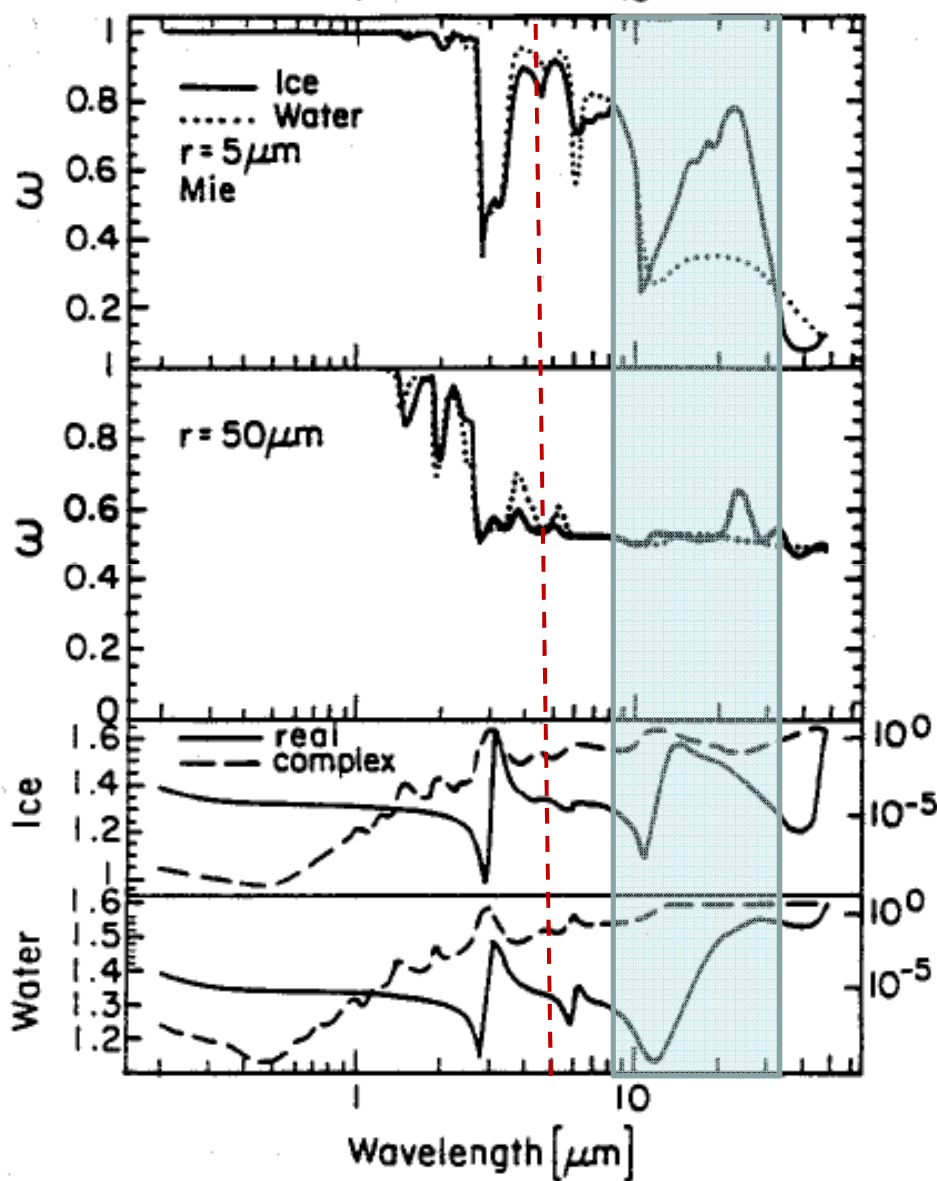
Índice de
refração
complexo para
gelo e água



Nuvens

- Nas microondas:
- O parâmetro de tamanho $x \sim 0,01$ para nuvens, portanto,  espalhamento Rayleigh
- absorção é muito pequena (transmitância > 90%)
- partículas de gelo absorvem menos ainda
- As partículas com tamanho de gotas de chuva interagem fortemente com a radiação em microondas, portanto, a transmitância é menor para nuvens precipitantes.





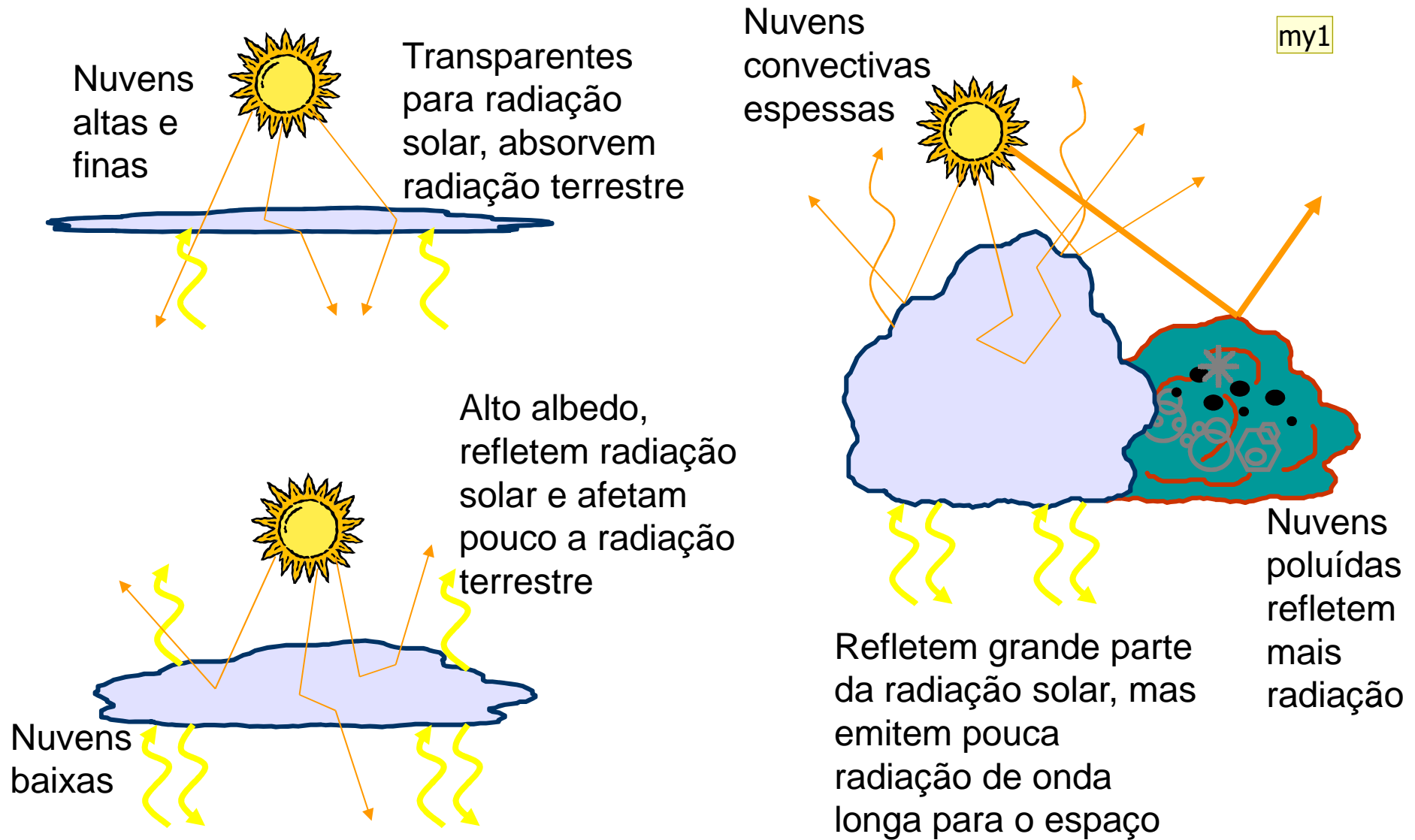
Twomey and Seton, 1980,

Albedo simples
para esferas de
gelo e água
com raio de
 $5\ \mu\text{m}$ e $50\ \mu\text{m}$

Índice de
refração
complexo para
gelo e água



As nuvens e o balanço radiativo

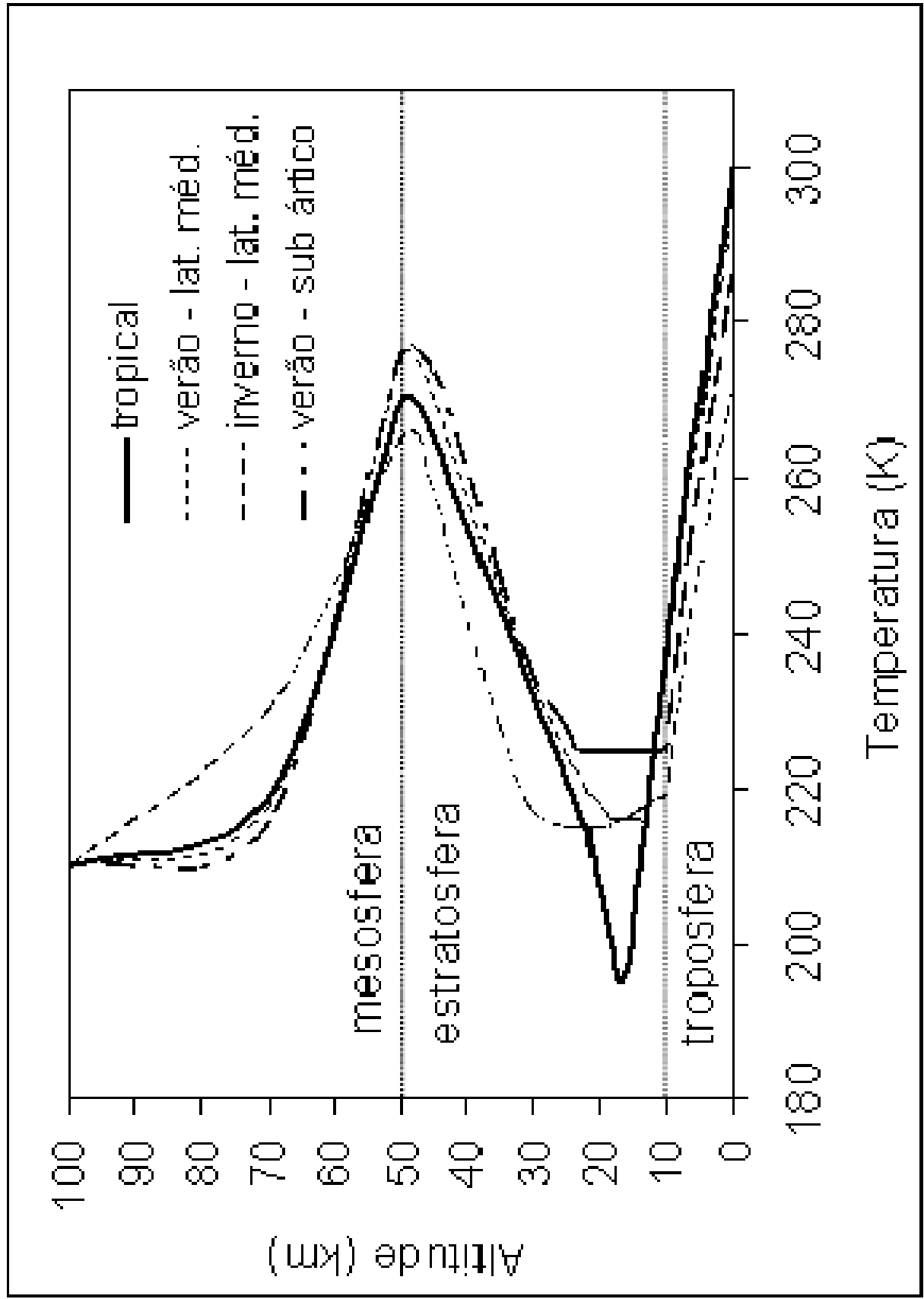


(Adaptado de Protat, 2005)

Slide 10

my1

capítulo 5 da apostila
Marcia Yamasoe; 23/11/2005



Espalhamento/absorção

- Distribuição de tamanho
- Índice de refração
- Conteúdo de água líquida e gelo

+ Teoria Mie (supondo que as gotas são esféricas):

- Albedo simples
- Função de fase
- Profundidade óptica

Absorção/emissão

- Perfil vertical de temperatura, água e gelo

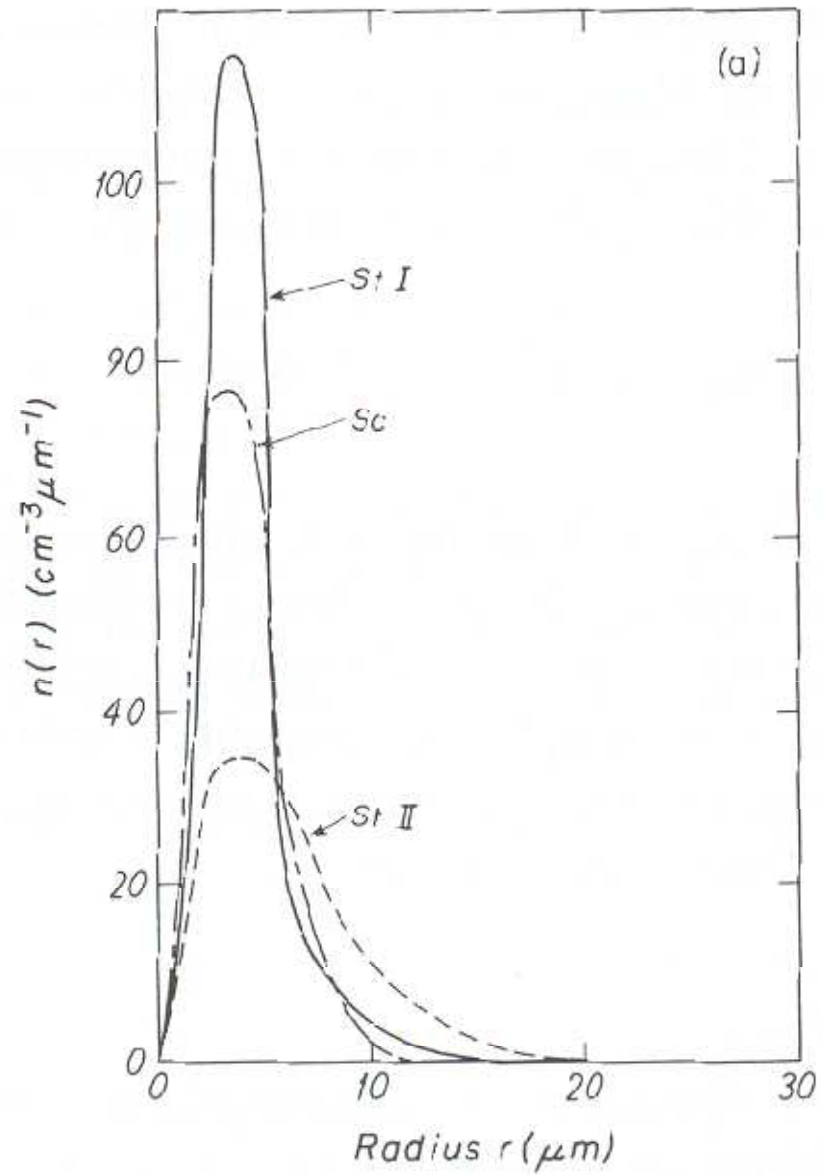


FIG. 4.10(a) Droplet size distributions of stratocumulus and stratus over land (St II) and (St I).

Liou, 1992

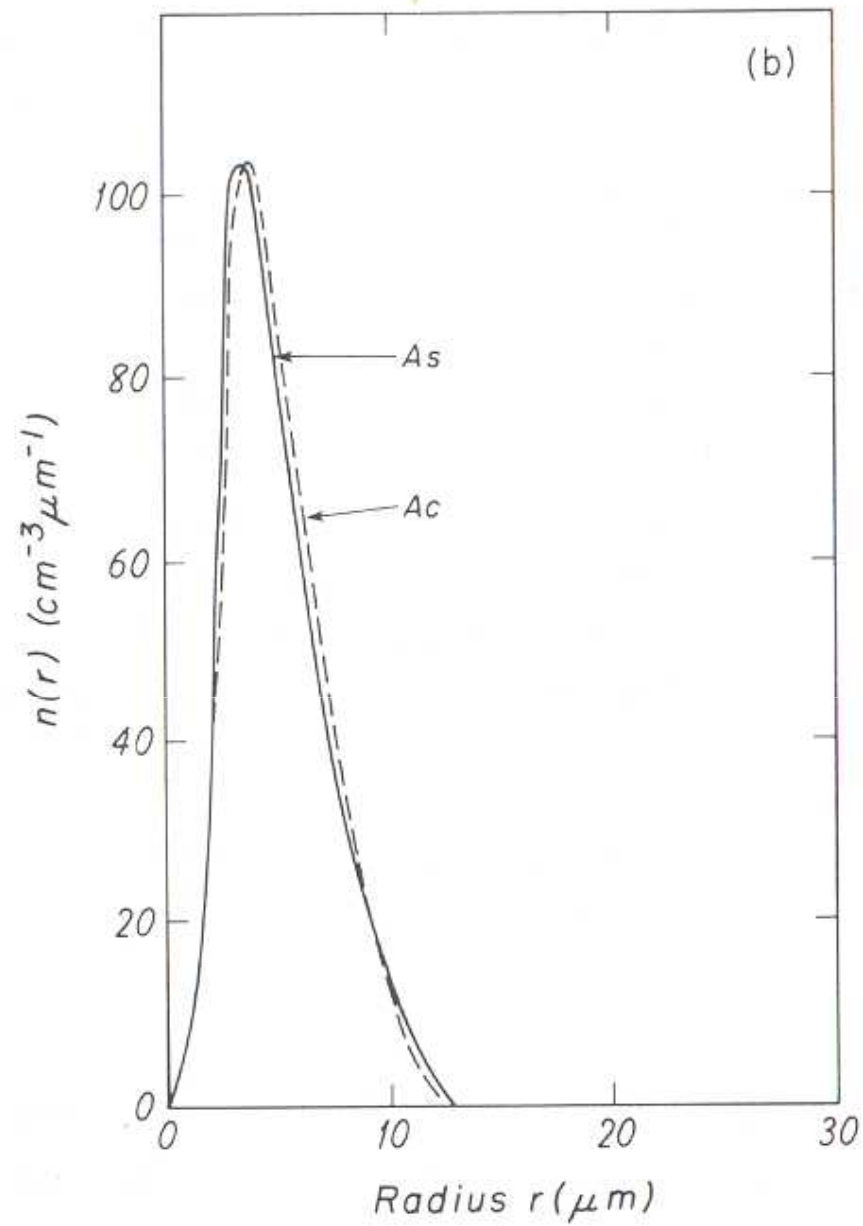


FIG. 4.10(b) Droplet size distributions of altostratus and altocumulus.

Liou, 1992

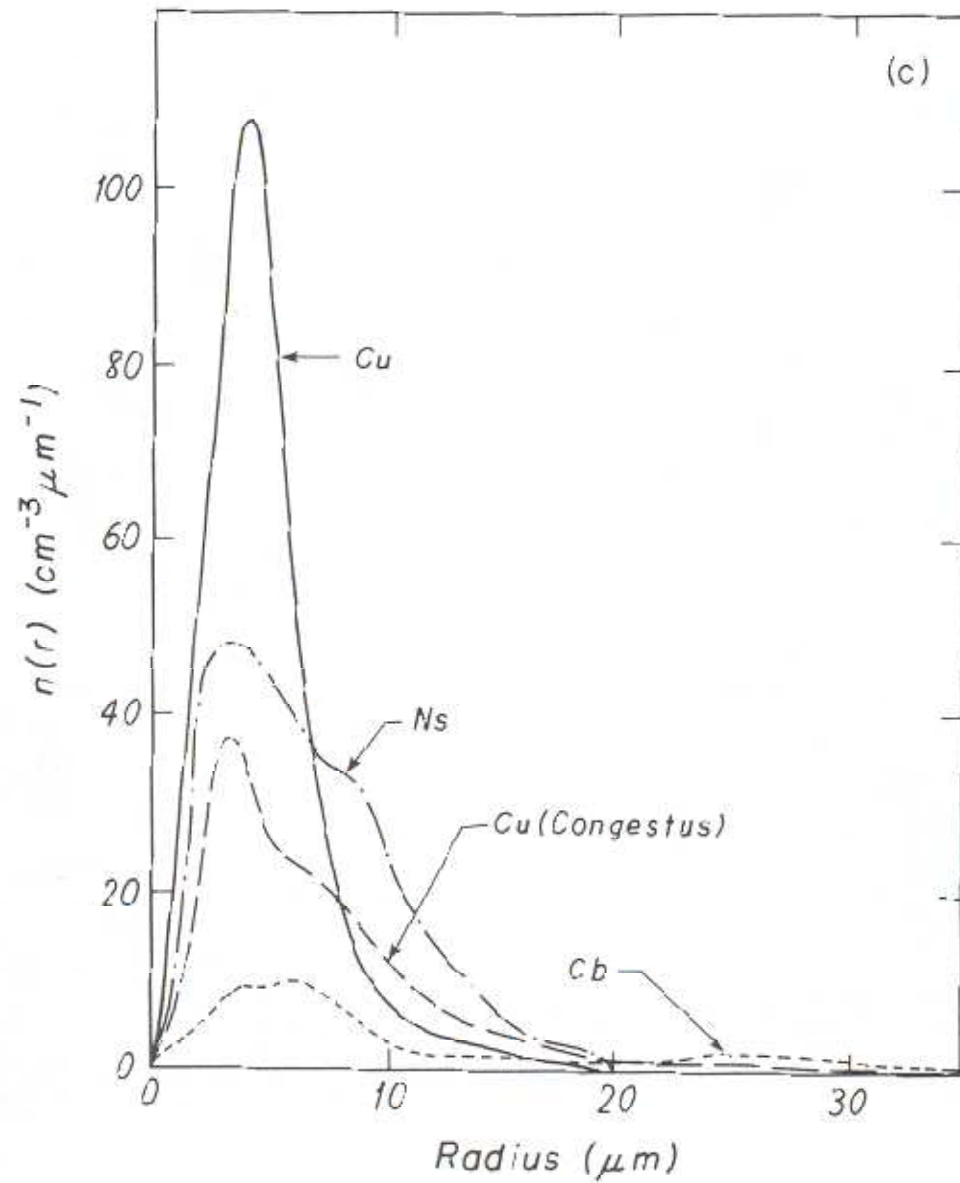


FIG. 4.10(c) Droplet size distributions of fair weather cumulus, nimbostratus, cumulus congestus, and cumulonimbus.

Liou, 1992

Liou, 1992

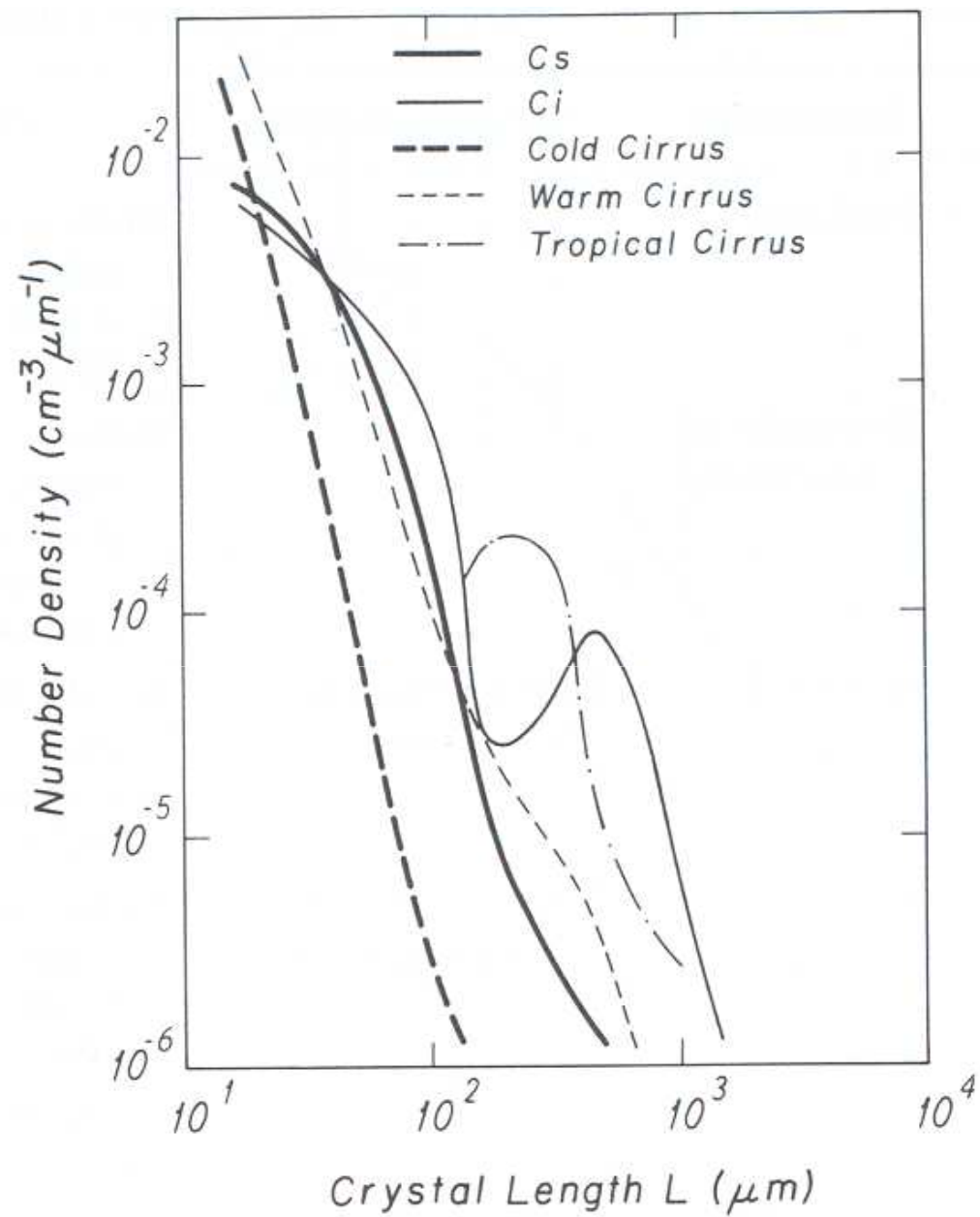
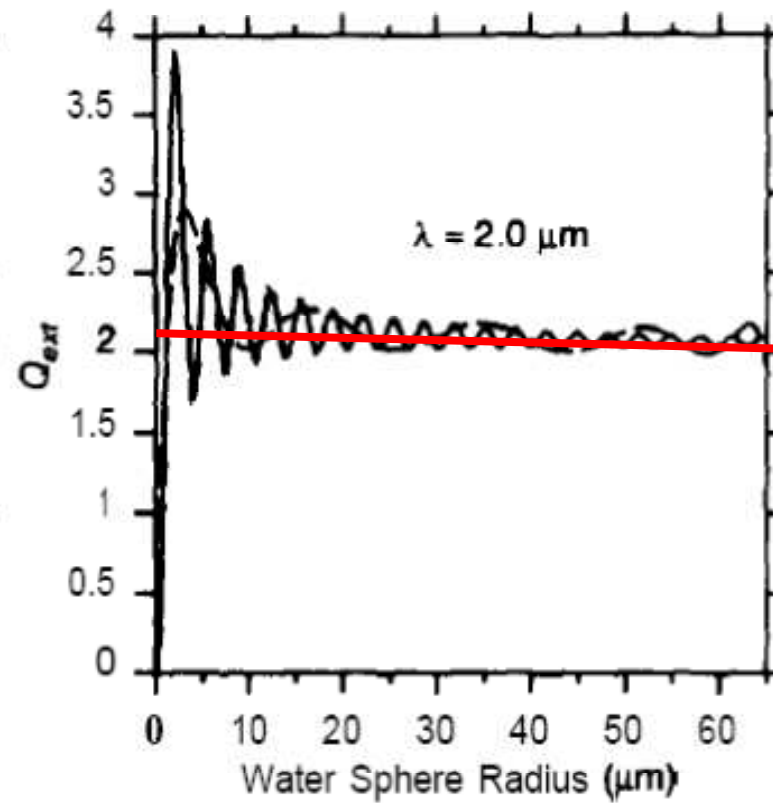
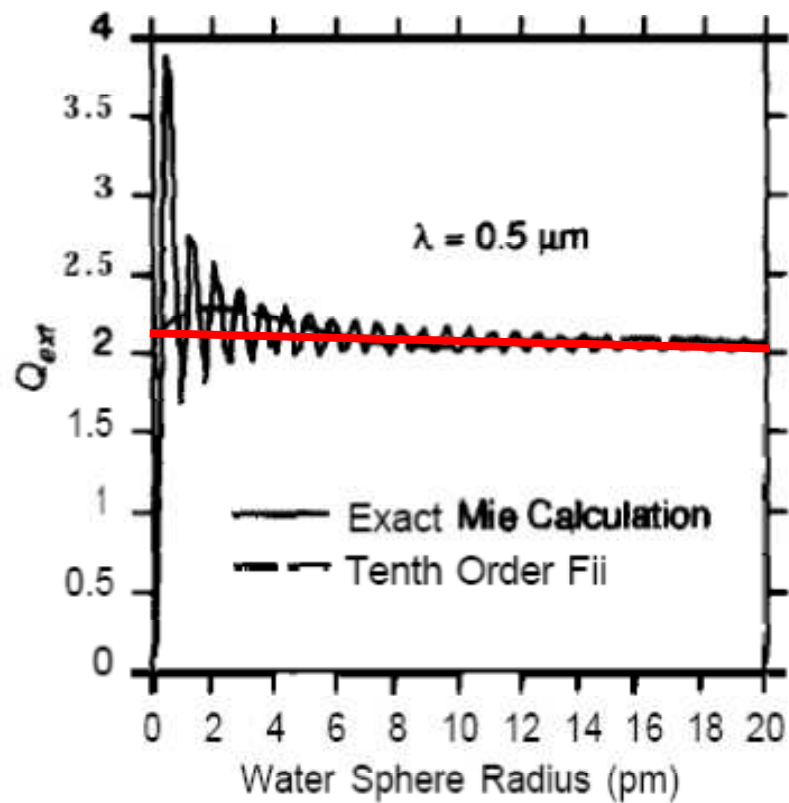


FIG. 4.12 Representative ice crystal size distributions for cirrus clouds.

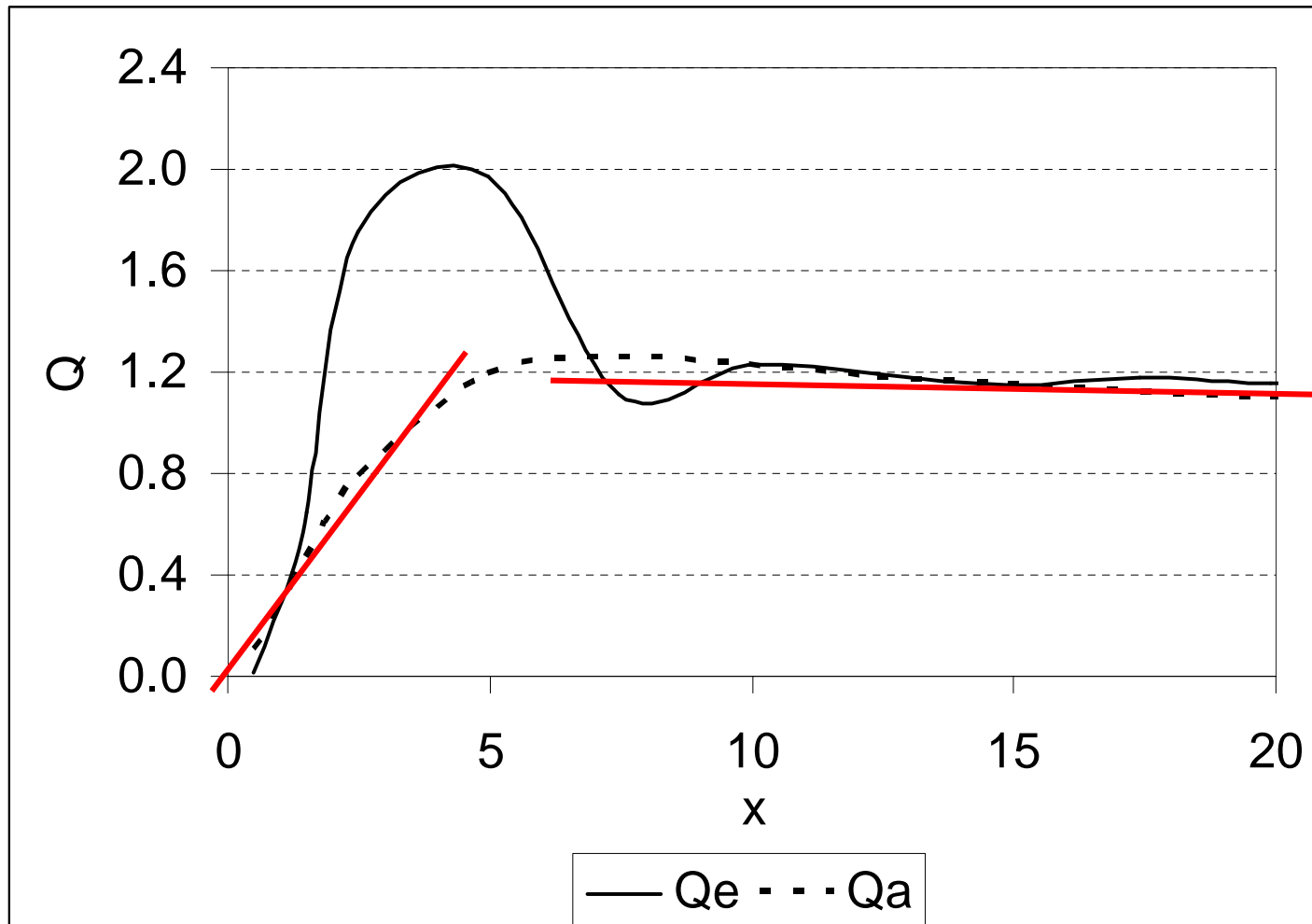
Espectro solar

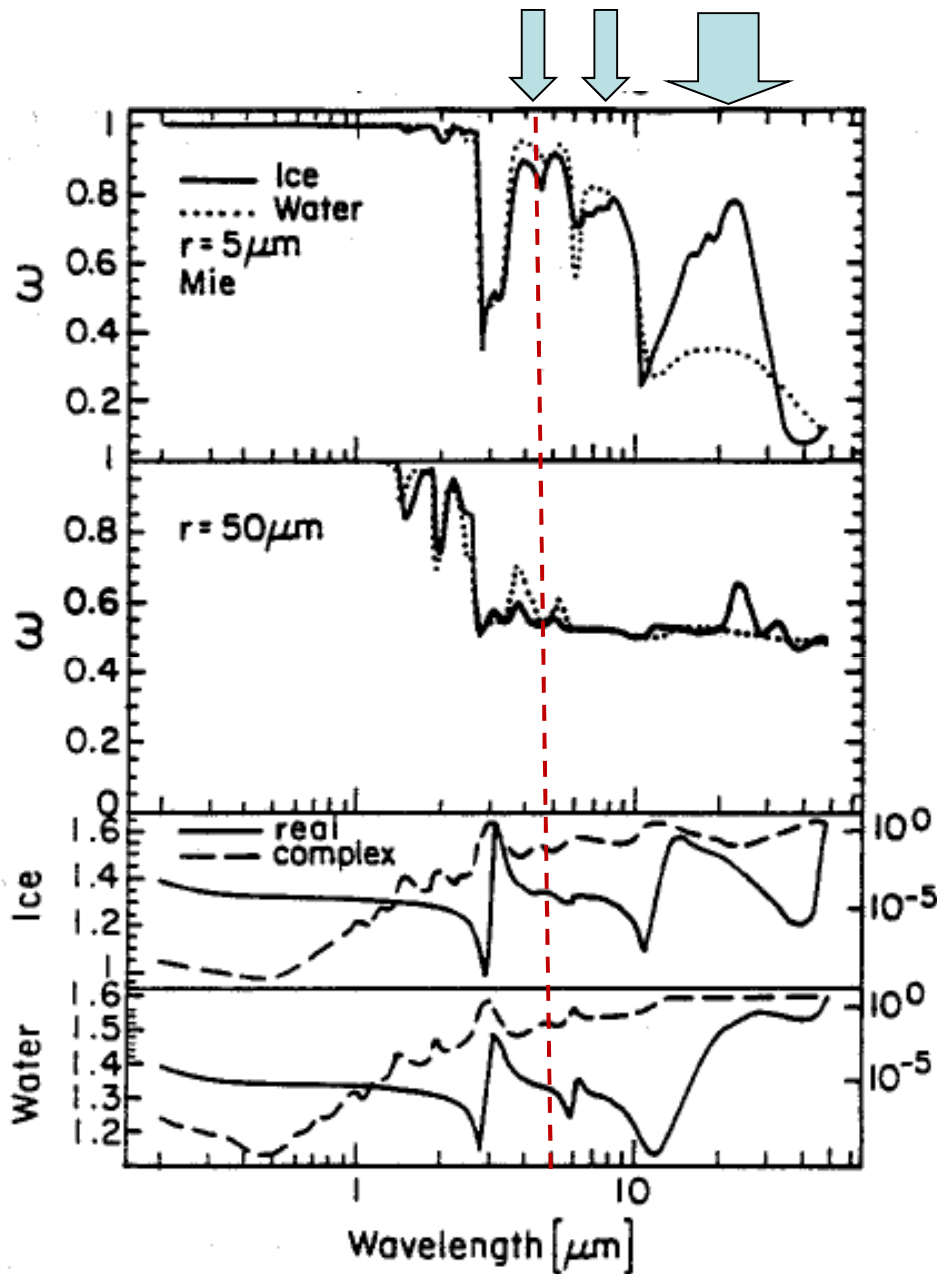
P. Chylek et al. / Atmospheric Research 35 (1995) 139-156

145



Infravermelho



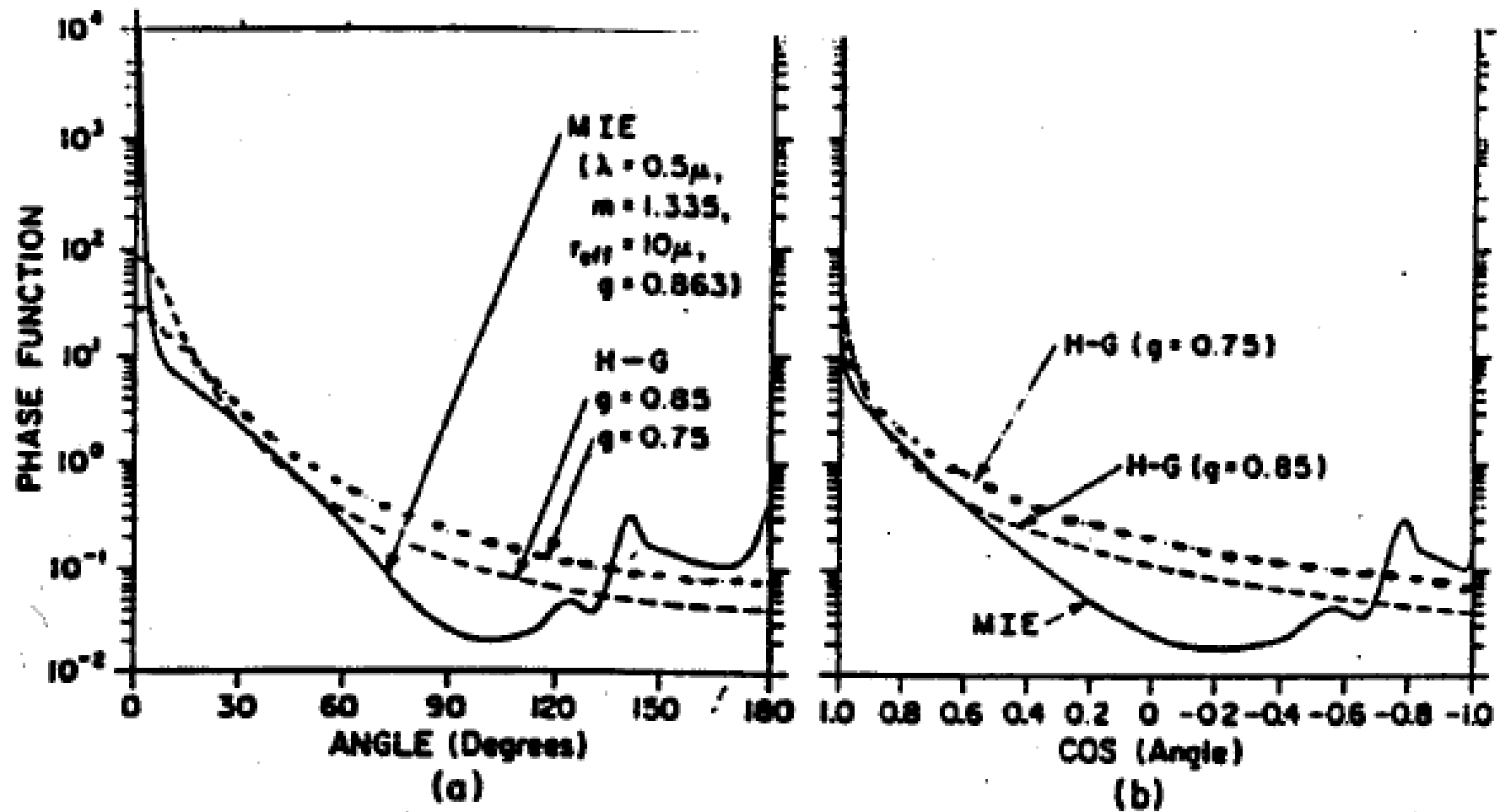


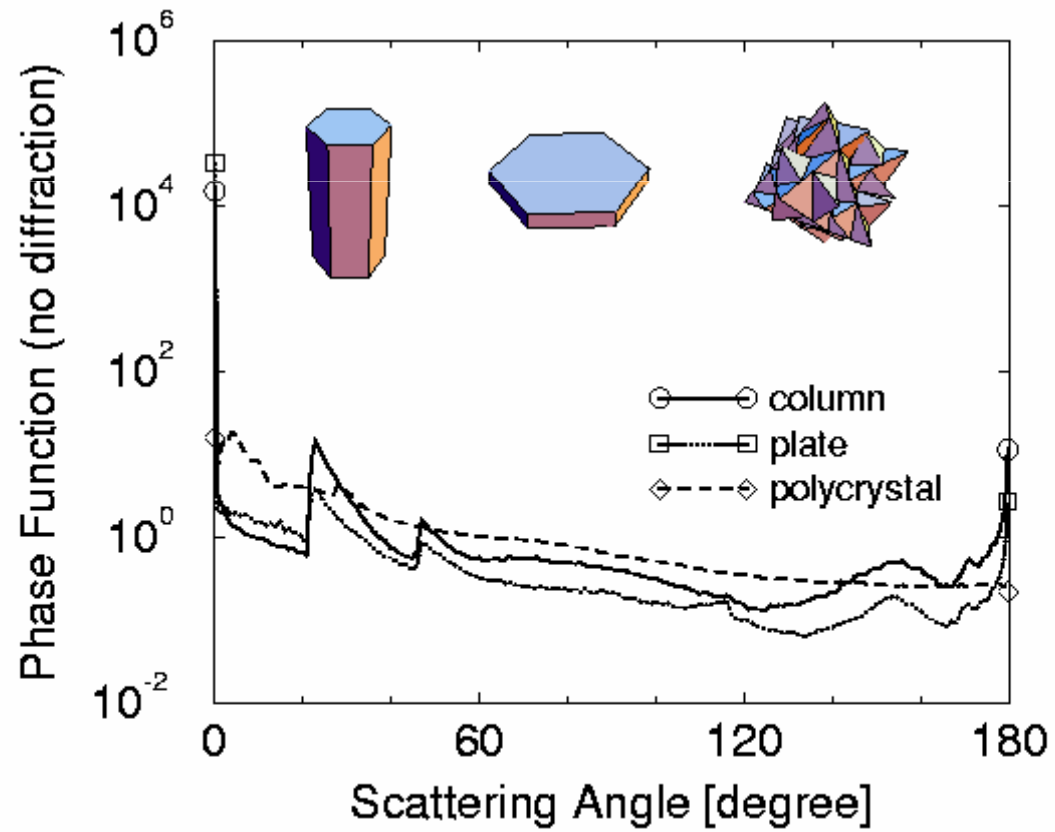
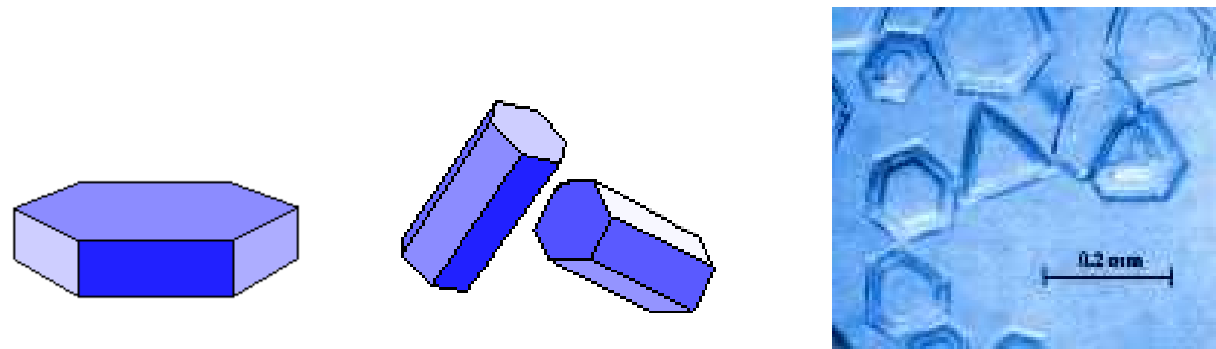
Twomey and Seton, 1980,

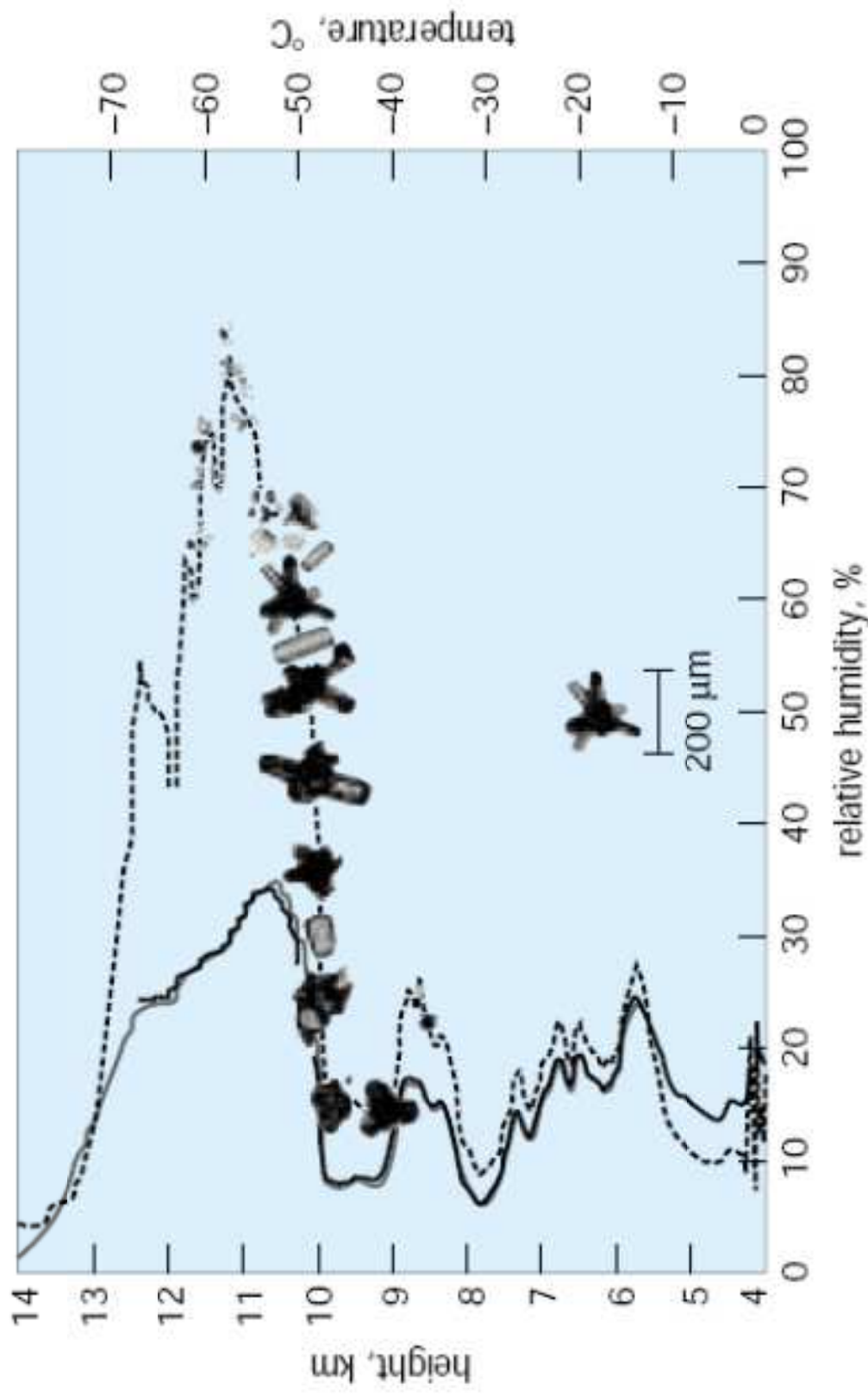
Albedo simples
para esferas de
gelo e água
com raio de
 $5\mu\text{m}$ e $50\mu\text{m}$

Índice de
refração
complexo para
gelo e água

Função de fase







Ice crystal size and shape as a function of height, temperature, and relative humidity captured by a replicator balloon sounding system in Marshall, Colorado, on November 10, 1994. The broken and solid lines denote the relative humidity measured by cryogenic hygrometers and Vaisala RS80 instruments, respectively. (Graphic by Andrew Heymsfield, National Center for Atmospheric Research. data from K. N. Liou, *An Introduction to Atmospheric Radiation*, 2d ed., Academic Press, 2002)

Média Anual Global do Efeito Radiativo de Nuvens (Wm^{-2}) no topo da atmosfera estimada via satélite

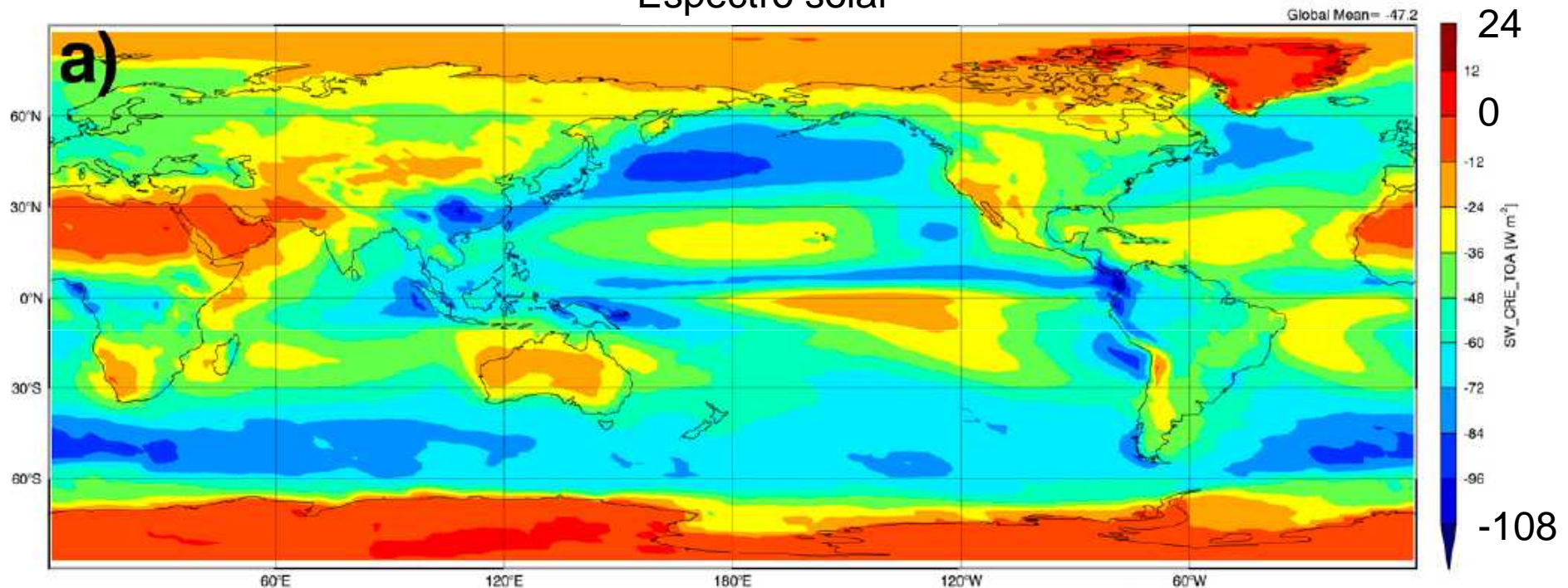
	LW CRF	SW CRF	Net CRF
ERBE: 1985 – 89	+29.1	- 47.6	-18.5
ScaRaB: 1994 – 95	+27.2	- 48.2	-21.0
CERES-EBAF	+26 \pm 12	- 47 \pm 24	-21 \pm 16

(ERBE e SCARAB: <http://www.lmd.polytechnique.fr/~Scarab/english/ECRF.htm>)

(CERES-EBAF: Stanfield et al. 2015. Journal of Climate 28,1842-1864)

Alta variabilidade espacial

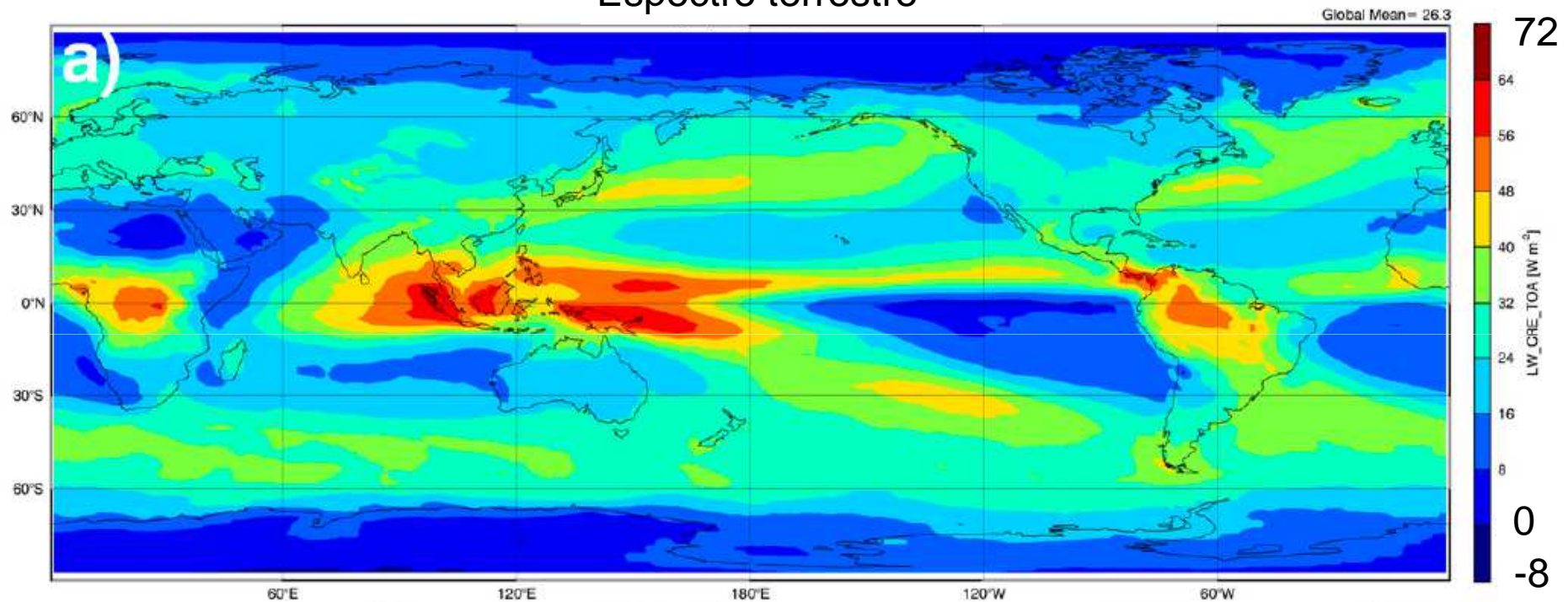
Espectro solar



(CERES-EBAF: Stanfield et al. 2015. Journal of Climate 28,1842-1864)

Alta variabilidade espacial

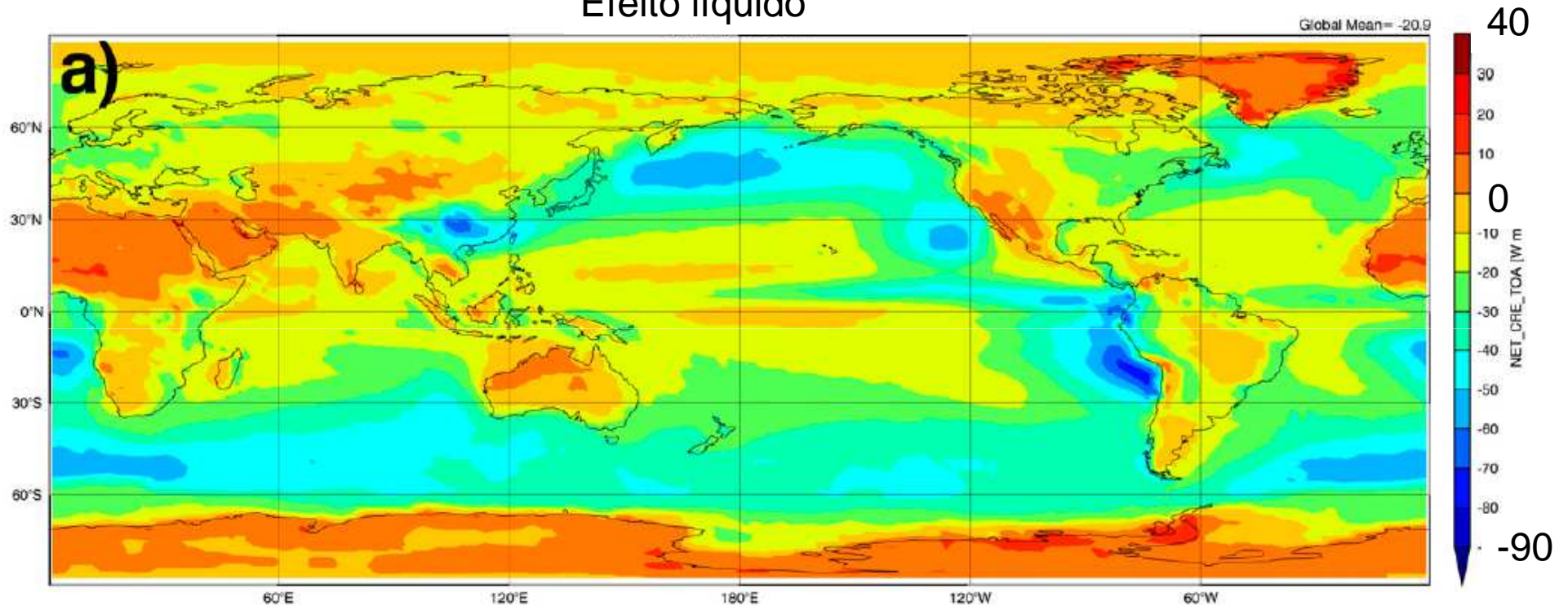
Espectro terrestre



(CERES-EBAF: Stanfield et al. 2015. Journal of Climate 28,1842-1864)

Alta variabilidade espacial

Efeito líquido



(CERES-EBAF: Stanfield et al. 2015. Journal of Climate 28,1842-1864)

Aerossol x nuvens

Propriedade

Aerossol

Nuvens

Região espectral

Radiação solar

radiação solar e terrestre

Vida média

~ 1 semana

minutos a dias

Distribuição geográfica

pode ser homogênea

heterogênea
(localmente)

(espalhamento lateral)

Profundidade óptica

< 5.0

> 100

Tipos

depende da fonte

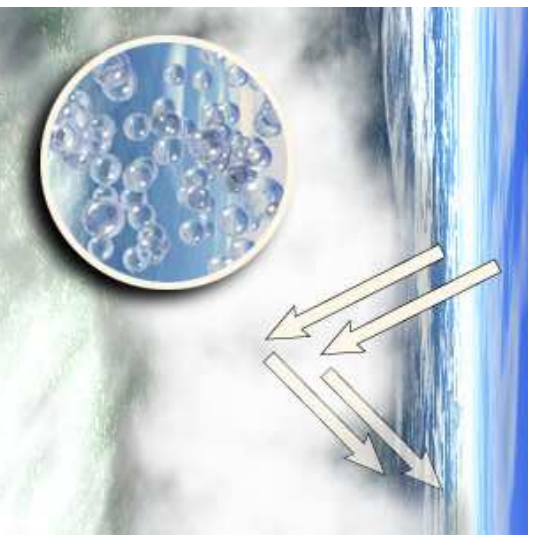
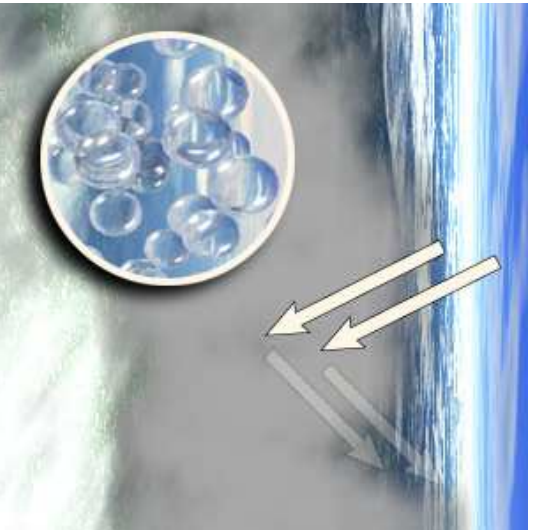
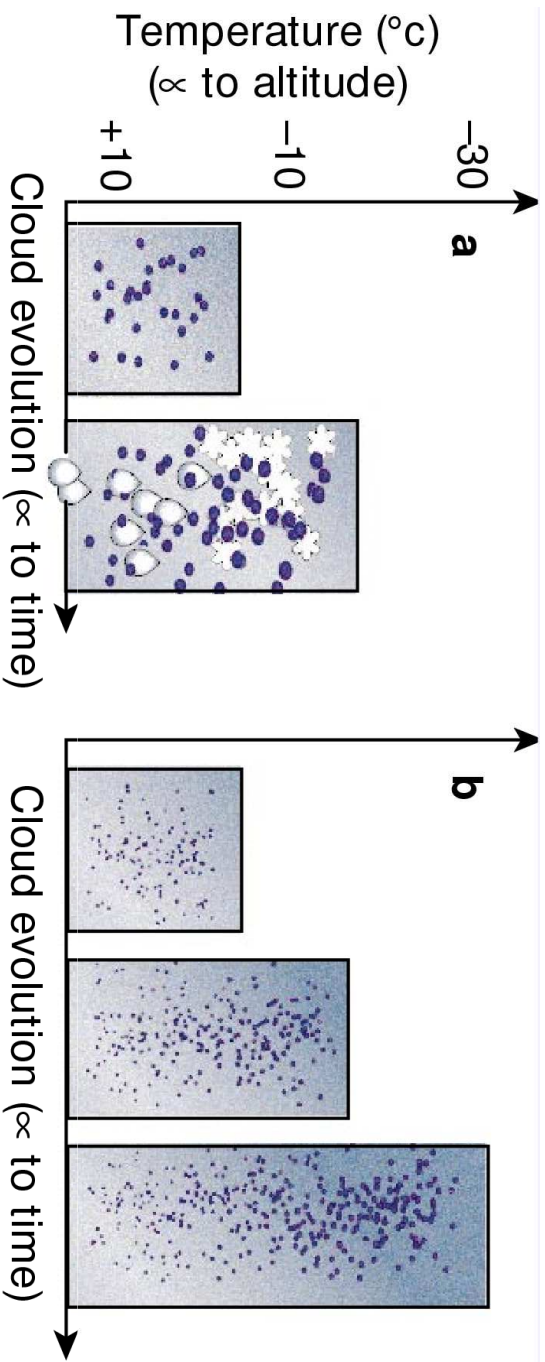
água, gelo

se em áreas poluídas,
podem ter
propriedades ópticas
modificadas

Efeito indireto do aerossol

limpo

poluído



NASA earthobservatory

Kaufman et al., 2002