

# Sumário

Apresentação do curso.

Sistema climático. A atmosfera da Terra. Composição.  
Estrutura vertical média.

Pedro Miranda ([pmmiranda@fc.ul.pt](mailto:pmmiranda@fc.ul.pt))

Skype: pedro.m.a.miranda

# Meteorologia

## ***Bibliografia***

Miranda PMA, 2009, Meteorologia e Ambiente, 2ª ed., Univ Aberta.

Miranda PMA, 2017, Introdução à Meteorologia, fenix/teams.

Wallace and Hobbs, 2006, Atmospheric Science and Introductory Survey, 2ª ed.

Exercícios

Diagramas

Exames resolvidos (no mesmo modelo)

**Protocolo (novo)**

Contactos:

[pmmiranda@fc.ul.pt](mailto:pmmiranda@fc.ul.pt) 8.3.38

Skype: pedro.m.a.miranda

# Estrutura semanal do curso

2 teóricas

1 TP

1 PL

4 horas (em vez de 3+1.5)

Dúvidas semanalmente por skype

# Avaliação: **detalhes** na próxima semana

Teste 1: semana de 8 de Novembro

Teste 2: semana de 13 Dezembro

Exame1: Parte 1 (teste 1)+ Parte 2 (teste 2)=80%

Exame2: Parte 1 (teste 1)+ Parte 2 (teste 2)=80%

Se fizerem o(s) teste(s) podem melhorar a nota nos dois exames (num ou nos dois)

1 trabalho (20%) a preparar nas PL usando PYTHON

## Notas

O curso de Meteorologia utiliza conceitos de Termodinâmica, Mecânica e Mecânica de Fluidos, e pressupõe conhecimentos de Cálculo. É nosso objetivo consolidar esses conhecimentos e aplicá-los no estudo da Atmosfera.

A **Meteorologia** e a **Climatologia** estudam a Atmosfera (em interação com a superfície e o oceano)

No caso da Meteorologia esse estudo visa a compreensão da evolução do “estado do tempo” (*weather*), no caso da Climatologia o foco é a descrição e compreensão de estatísticas em longos períodos (e.g. 30 anos).

A Meteorologia é essencialmente uma disciplina da Física.

## Programa (índice das folhas)

1. [Conceitos básicos](#)
2. [Transformações isobáricas do ar húmido](#)
3. [Processos adiabáticos do ar húmido](#)
4. [Estratificação e movimento vertical](#)
5. [Radiação na atmosfera: conceitos básicos](#)
6. [O movimento atmosférico](#)
7. [Vento em regime estacionário](#)
8. [Geometria do escoamento horizontal: vorticidade e divergência](#)
9. [A estrutura vertical do escoamento atmosférico](#)
10. [A circulação global](#)
11. [Sistemas de observação](#)
12. [Sistemas meteorológicos nas latitudes médias](#)
13. [Meteorologia satélite](#)
14. [Meteorologia Radar](#)
15. [Previsão numérica do tempo](#)

# Séries de exercícios não resolvidos

- 1. Termodinâmica do ar**
- 2. Processos isobáricos do ar húmido**
- 3. Processos adiabáticos do ar húmido**
- 4. Instabilidade estática**
- 5. Introdução à dinâmica**
- 6. escoamento estacionário**
- 7. Geometria do escoamento**
- 8. Estrutura vertical do escoamento**
- 9. Circulação**

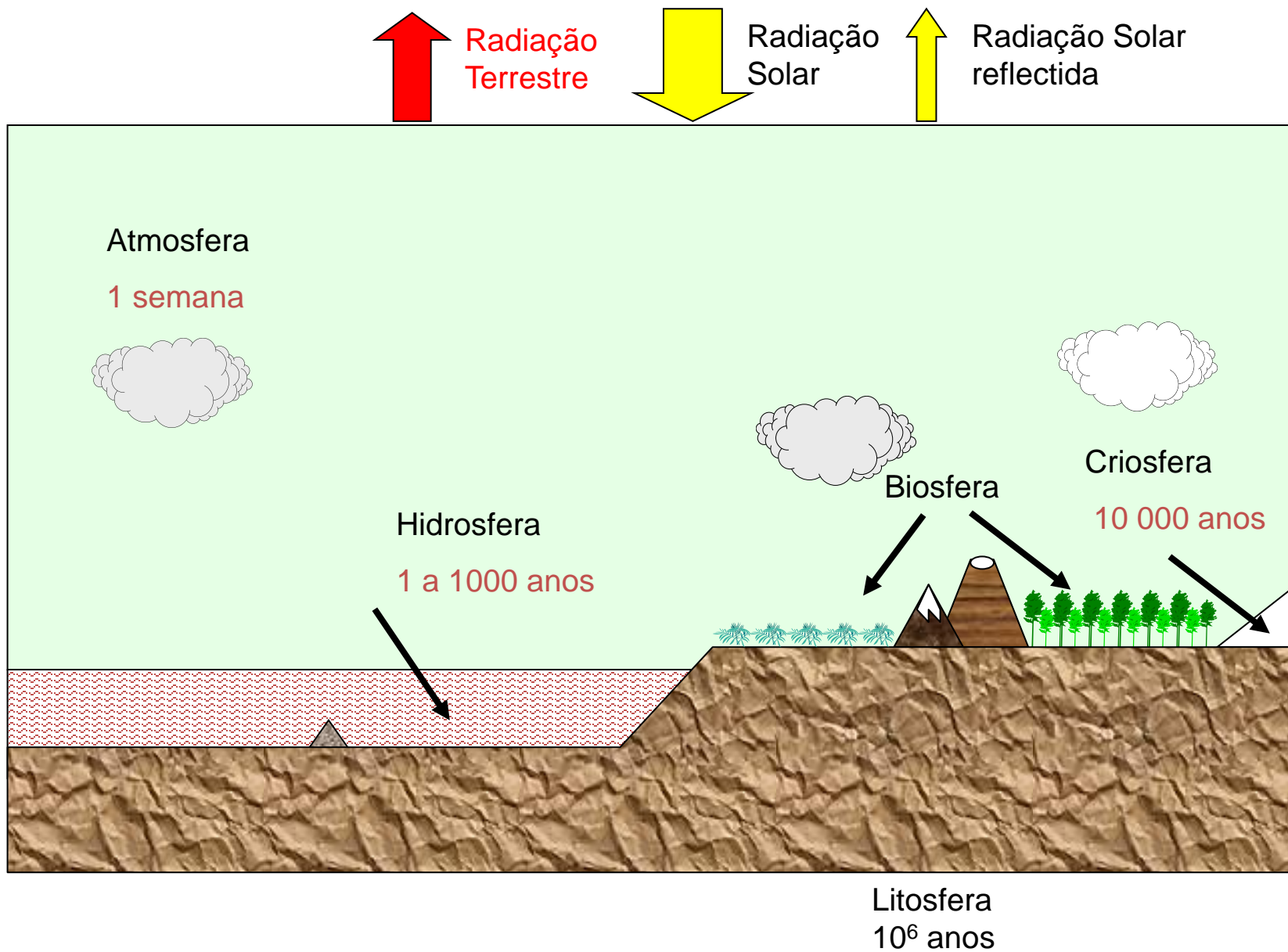
## Nota importante

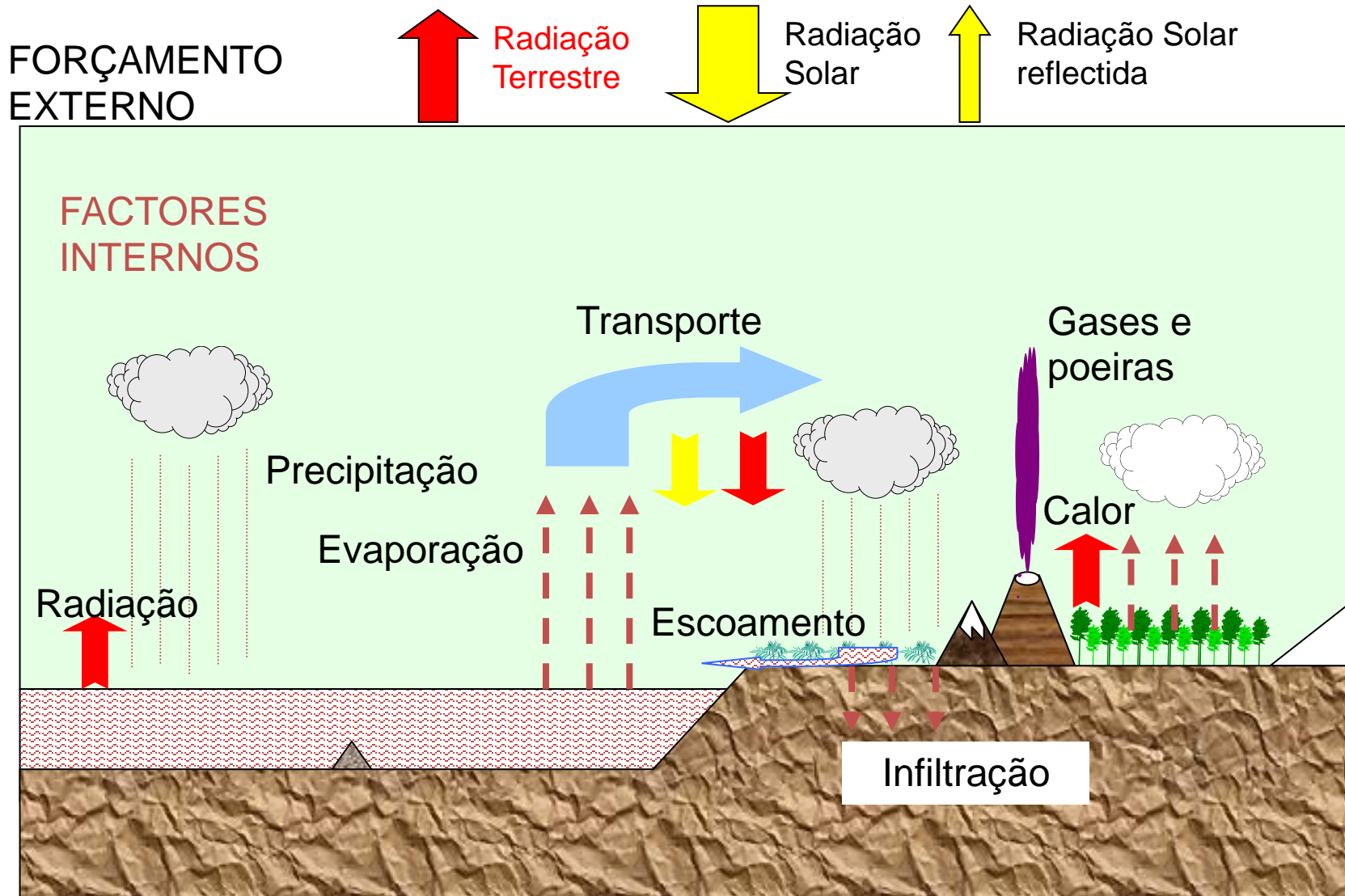
Os tópicos de radiação geralmente incluídos num curso de Meteorologia serão dados na disciplina de Radiação e Energia Solar

Mas alguns conceitos serão referidos por serem necessários para outros tópicos.



# Sistema climático





Massa da Terra  $\approx 6 \times 10^{24}$  kg

Massa da atmosfera  $\approx 5 \times 10^{18}$  kg (1/1 000 000)

Massa do oceano  $\approx 1.4 \times 10^{21}$  kg (1/4 000)

No entanto, o ambiente físico junto da superfície é determinado pela **atmosfera** e (em menor grau) pelo **oceano**

## Composição da Homosfera (z<100 km)

Componente		Concentração Volúmica (%)	Partes por Milhão em vol. (ppmv)
Azoto	N <sub>2</sub>	78.08 <sup>(1)</sup>	
Oxigénio	O <sub>2</sub>	20.95 <sup>(1)</sup>	
Árgon	Ar	0.93 <sup>(1)</sup>	
Néon	Ne	0.0018	
Hélio	He	0.0005	
Hidrogénio	H <sub>2</sub>	0.00006	
Xénon	Xe	0.000009	
Vapor de água	H <sub>2</sub> O	0. a 4	
Dióxido de carbono	CO <sub>2</sub>	0.036 <sup>a</sup>	360
Metano	CH <sub>4</sub>	0.00017 <sup>b</sup>	1.7
Óxido nitroso	N <sub>2</sub> O	0.00003 <sup>b</sup>	0.3
Ozono	O <sub>3</sub>	0.000004 <sup>b</sup>	0.04
Ozono (Estratosfera)		0.001 <sup>b</sup>	10
Partículas		0.000001 <sup>b</sup>	0.01
Clorofluorcarbonetos	CFCs	0.00000001 <sup>b</sup>	0.00001

# Ar

Na homosfera as proporções de  $N_2$ ,  $O_2$ ,  $Ar$  são aproximadamente constantes. As concentrações de  $H_2O$  são muito variáveis. Os outros compostos contribuem com muito pouca **massa**.

Vamos chamar **AR SECO** à mistura em proporções constantes que se observa na Homosfera.

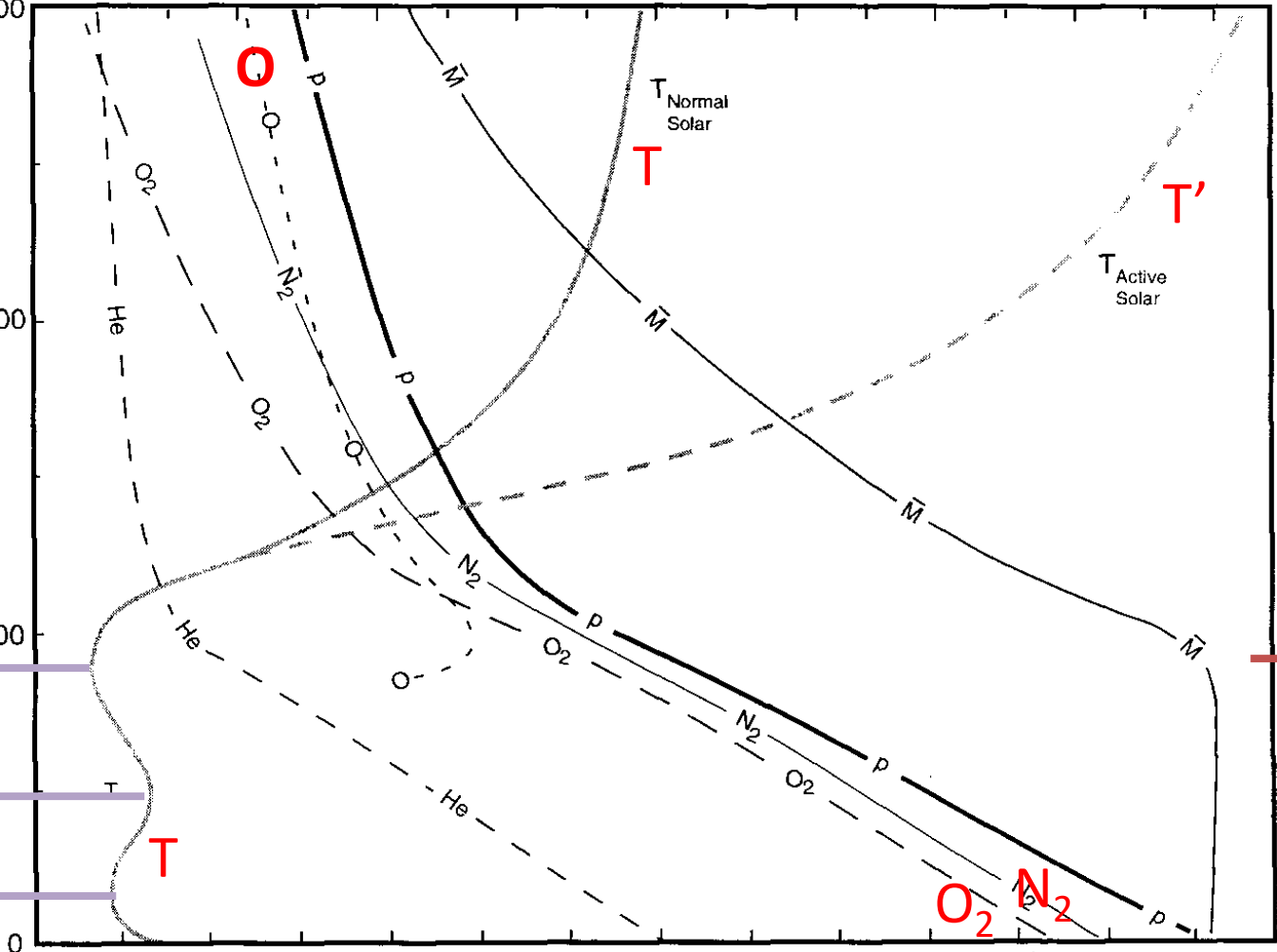
Vamos chamar **AR HÚMIDO** à mistura em proporções variáveis de ar seco e água. O ar húmido pode ser monofásico (só contém vapor) ou pode ser uma **mistura heterogénea** (vapor+líquido+sólido)

TEMPERATURE (K)

200 400 600 800 1000 1200 1400 1600 1800

ALTITUDE (km)

300  
200  
100  
0



PRESSURE (mb)

NUMBER DENSITY ( $m^{-3}$ )

$10^{12}$   $10^{13}$   $10^{14}$   $10^{15}$   $10^{16}$   $10^{17}$   $10^{18}$   $10^{19}$   $10^{20}$   $10^{21}$   $10^{22}$   $10^{23}$   $10^{24}$   $10^{25}$   $10^{26}$   $10^{27}$   $10^{28}$

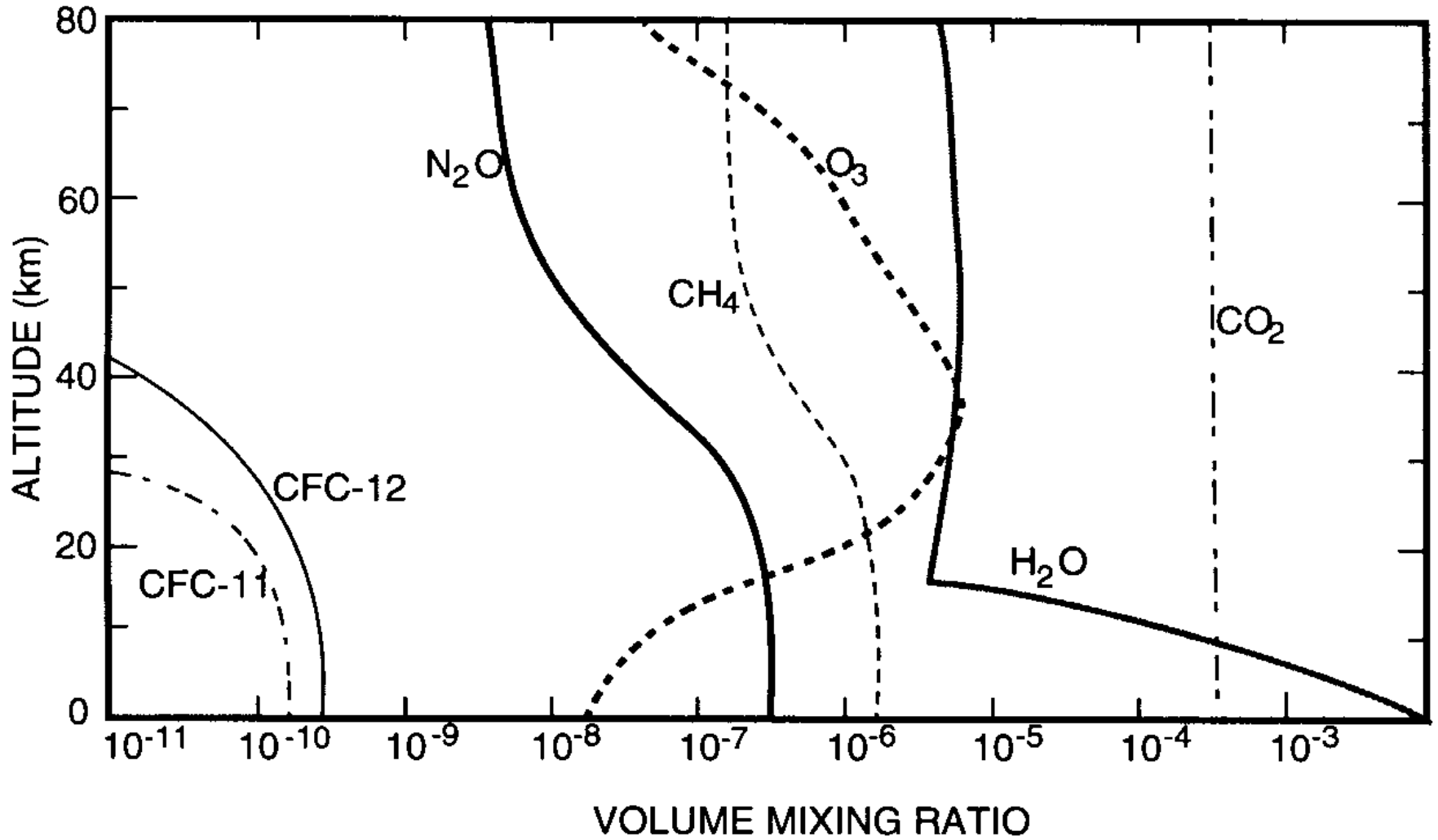
MOLAR WEIGHT

12 14 16 18 20 22 24 26 28 30

Heterosfera

Homosfera

# Gases de estufa



# O que explica a composição observada?

História: origem dos constituintes

Gravidade:

Retenção de gases: Problema do escape

Estratificação vertical: separação por densidades  
(porque existe uma Homosfera?)

Ambiente cósmico

Radiação

Propriedades conservativas (Massa, momento angular)