

Estrelas

Prof. Jorge Meléndez

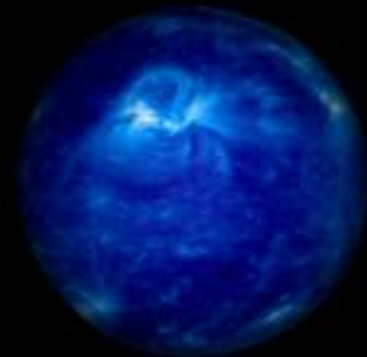
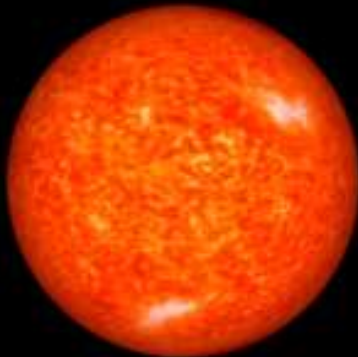
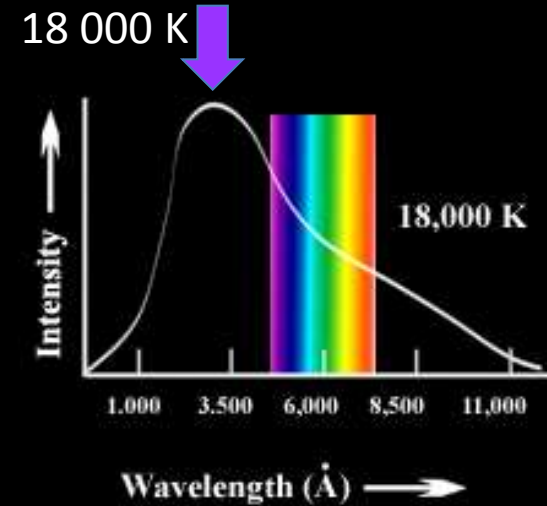
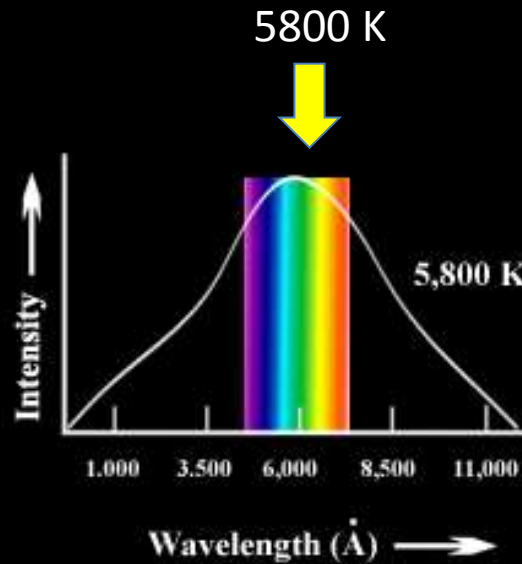
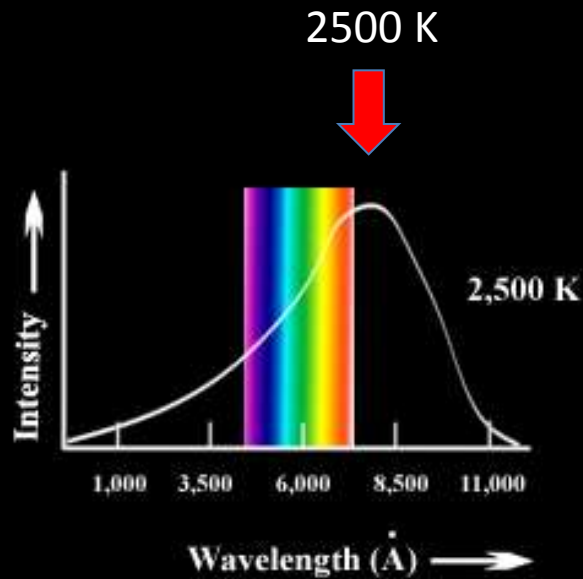
Departamento de Astronomia, IAG/USP

jorge@astro.iag.usp.br

Variedade de cores

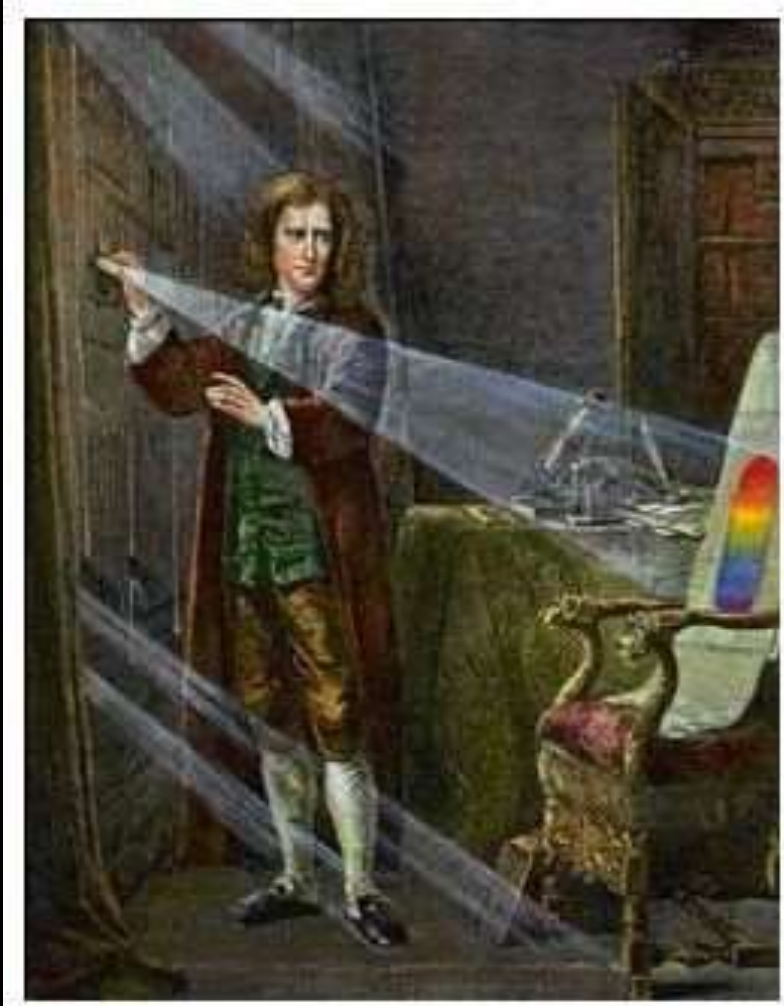


Classificação de estrelas usando cores



Colors are exaggerated

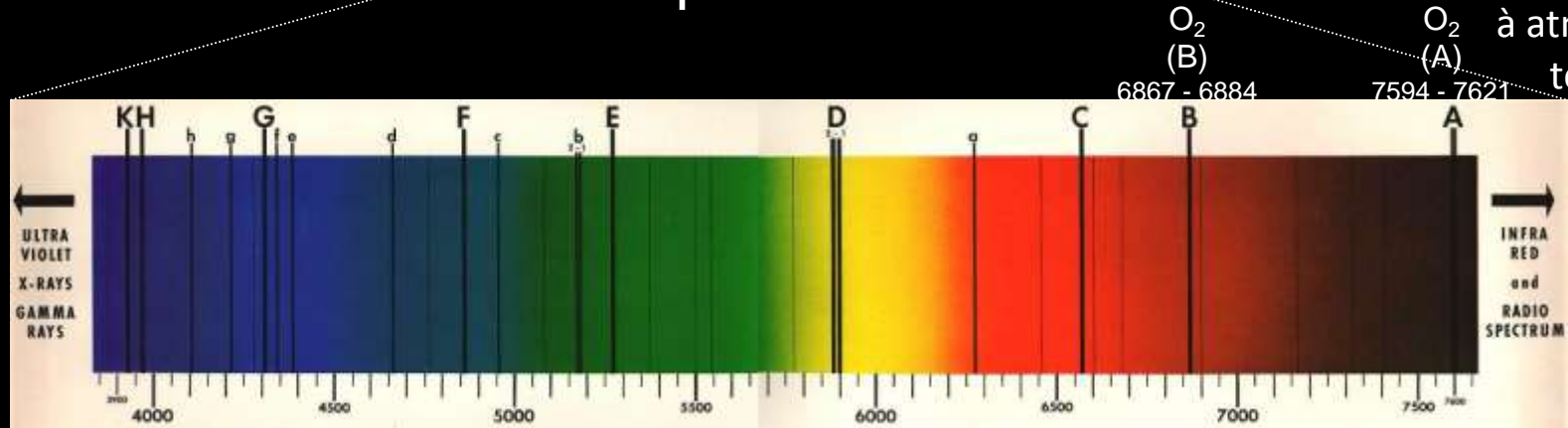
Classificação usando o espectro das estrelas



Newton (1643-1727)

Espectro solar

Linhas A e B são devidas à atmosfera terrestre



Ca II (K) 3934	Ca (H) 3968	Ca(g) 4227	Fe(e) 4384	Fe(d) 4668	Hβ (F) 4861	Fe (E) 5270	Na D ₂ 5890 & D ₁ 5896	Hα (C) 6563
		Hδ (h) 4102	CH, Fe (G) 4308			Mg (b ₁ , b ₂) 5184 & 5173		
						Fe (c) 4958		

Linhas C – K são da atmosfera solar



Linhas de Fraunhofer (1817) : A, B, C ..., K

1802: The chemist and mineralogist William Wollaston first observed dark lines in the solar spectrum which he incorrectly interpreted as gaps separating the colors of the sun

1817: Joseph Fraunhofer (1817) rediscovered the lines. He discounted Wollaston's colour boundary interpretation, he observed a continuous color change across the spectrum; no color discontinuities occurred at the dark lines

1836: Sir David Brewster found that certain lines had strengths that varied with the sun's elevation and with the seasons. He correctly ascribed these 'atmospheric lines' as originating in the terrestrial atmosphere. Remarkably, he failed to take into account Fraunhofer's observ. evidence for the stellar origin of certain solar absorption lines

Classificação de estrelas

Padre Angelo Secchi (1860-1870): 4 tipos

- Tipo I: **branco-azul**
moderna classe A & F "cedo"
- **Tipo II: amarelas, de tipo solar**
atual classe G, K, F tardio
- Tipo III: **laranja-vermelho**,
moderna classe M
- Tipo IV: estrelas com linhas de emissão

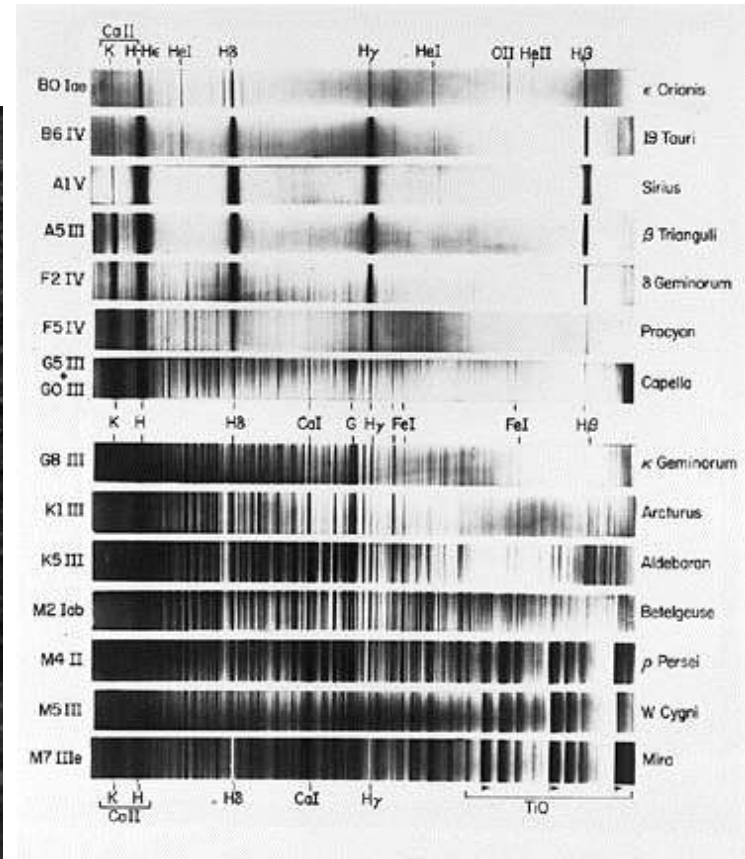


O sistema de classificação de Harvard

- 1890-1900s: classificação de Harvard (E. Pickering + Williamina Fleming + Antonia Maury + Annie J. Cannon):

O, B, A, F, **G**, K, M

Mulheres astrônomas @ Harvard



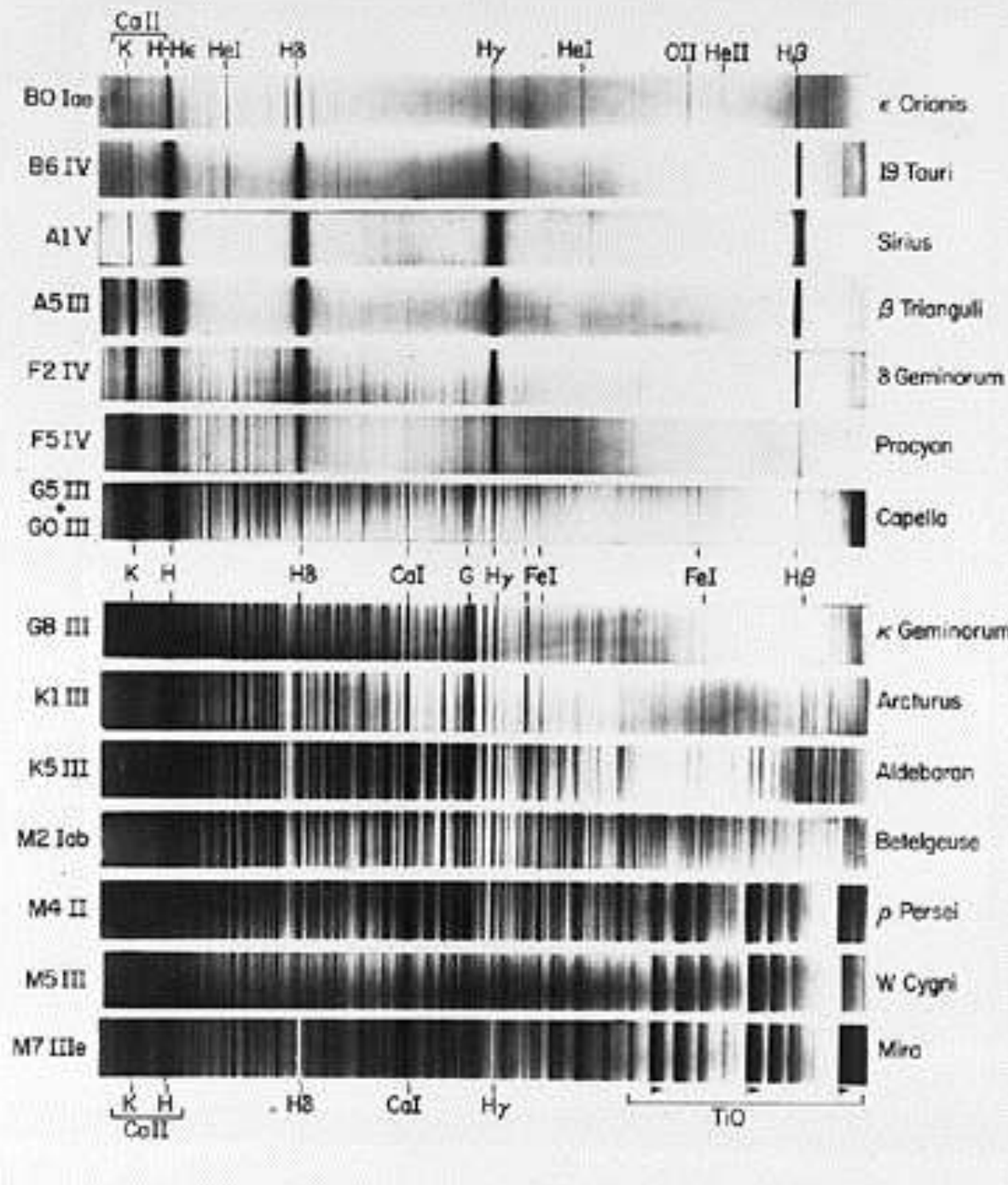
Classificação estelar:

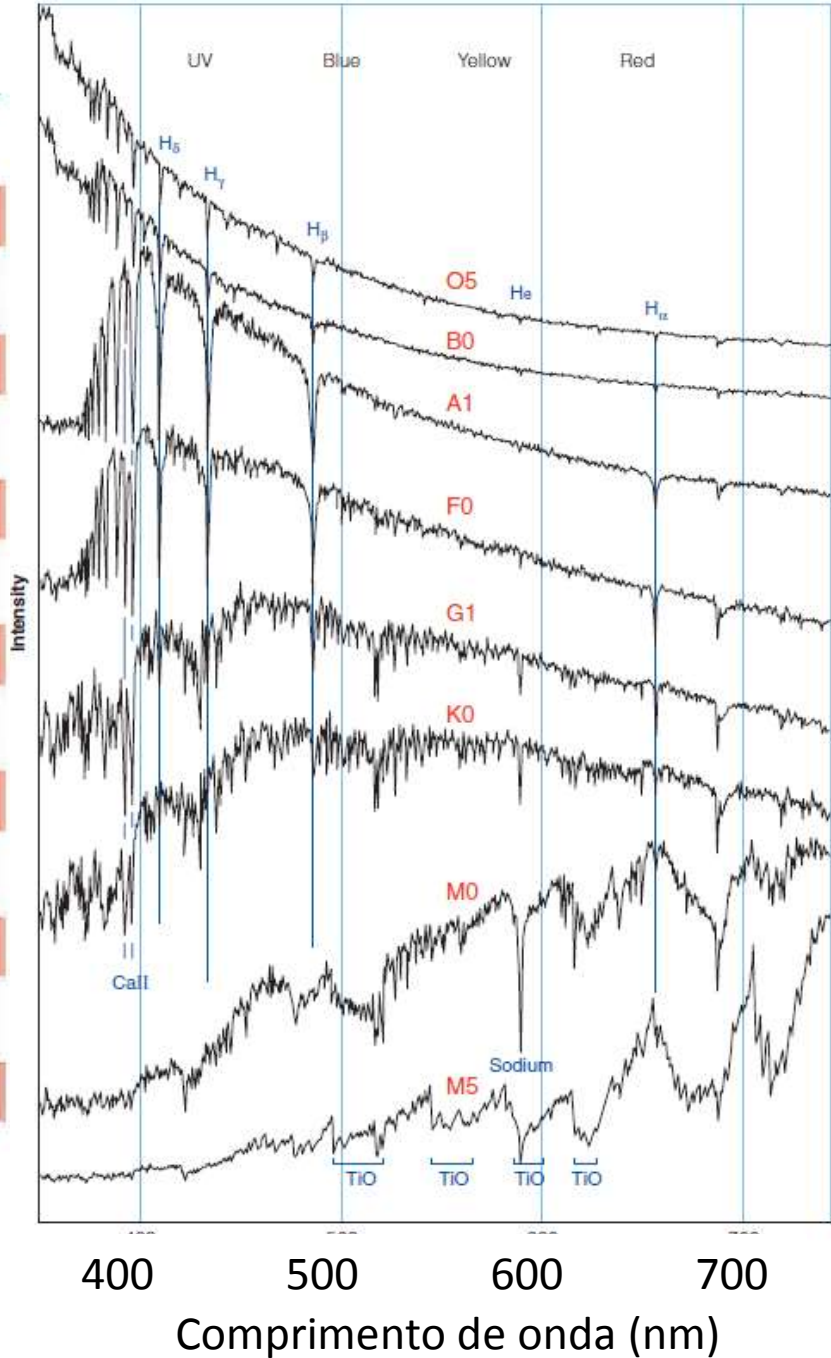
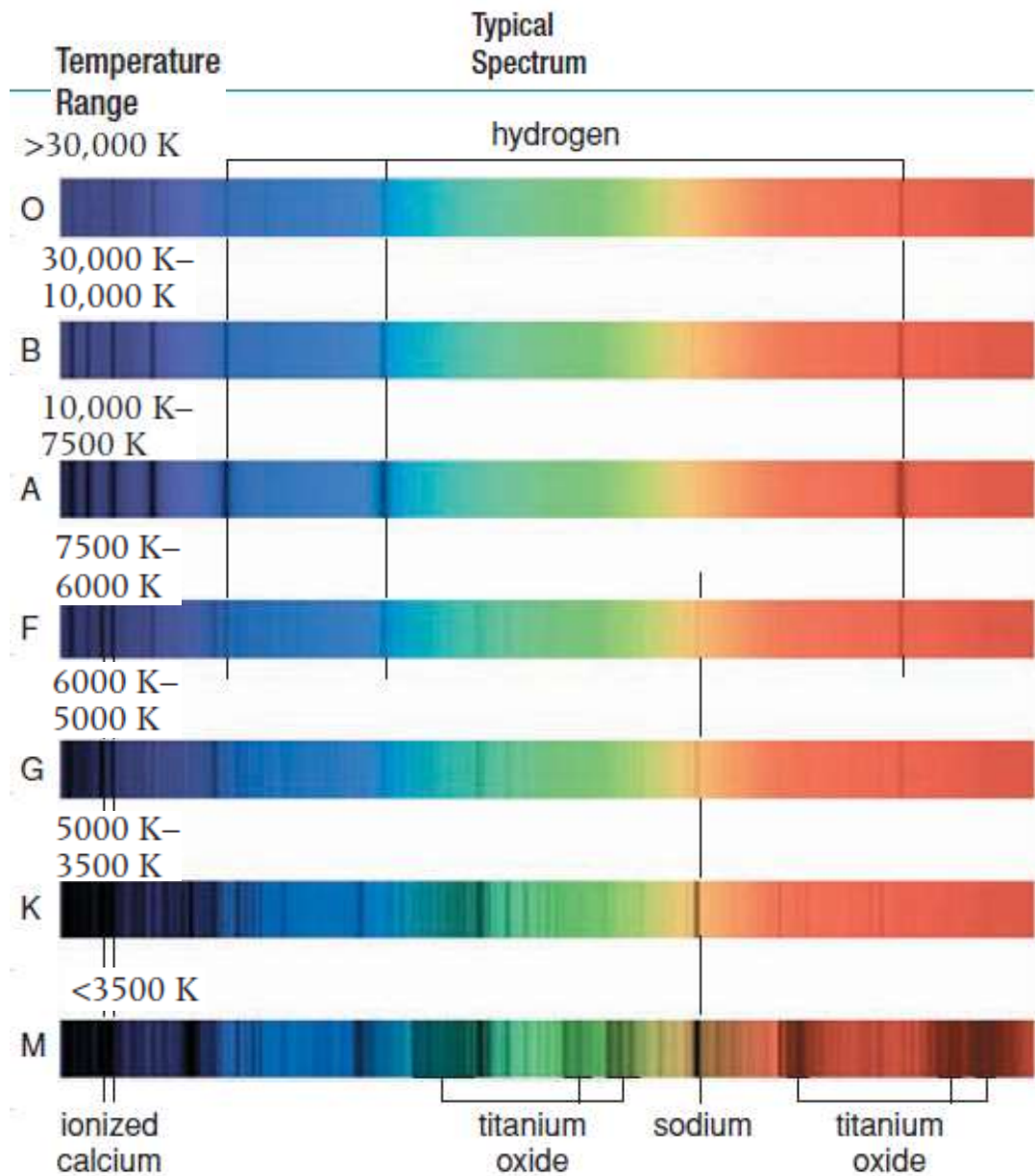
O, B, A, F, **G**, K, M

O, B, A, F, **G**, K, M

Baseado em espectros das estações Harvard Norte (U.S.A.) & Sul (Arequipa, Peru)

Annie J. Cannon classificou mais de 250 000 espectros!





Cecilia Payne-Gaposchkin (1925)

A classificação de estrelas (O, B, A, F, G, K, M) é explicada como uma sequência de temperaturas

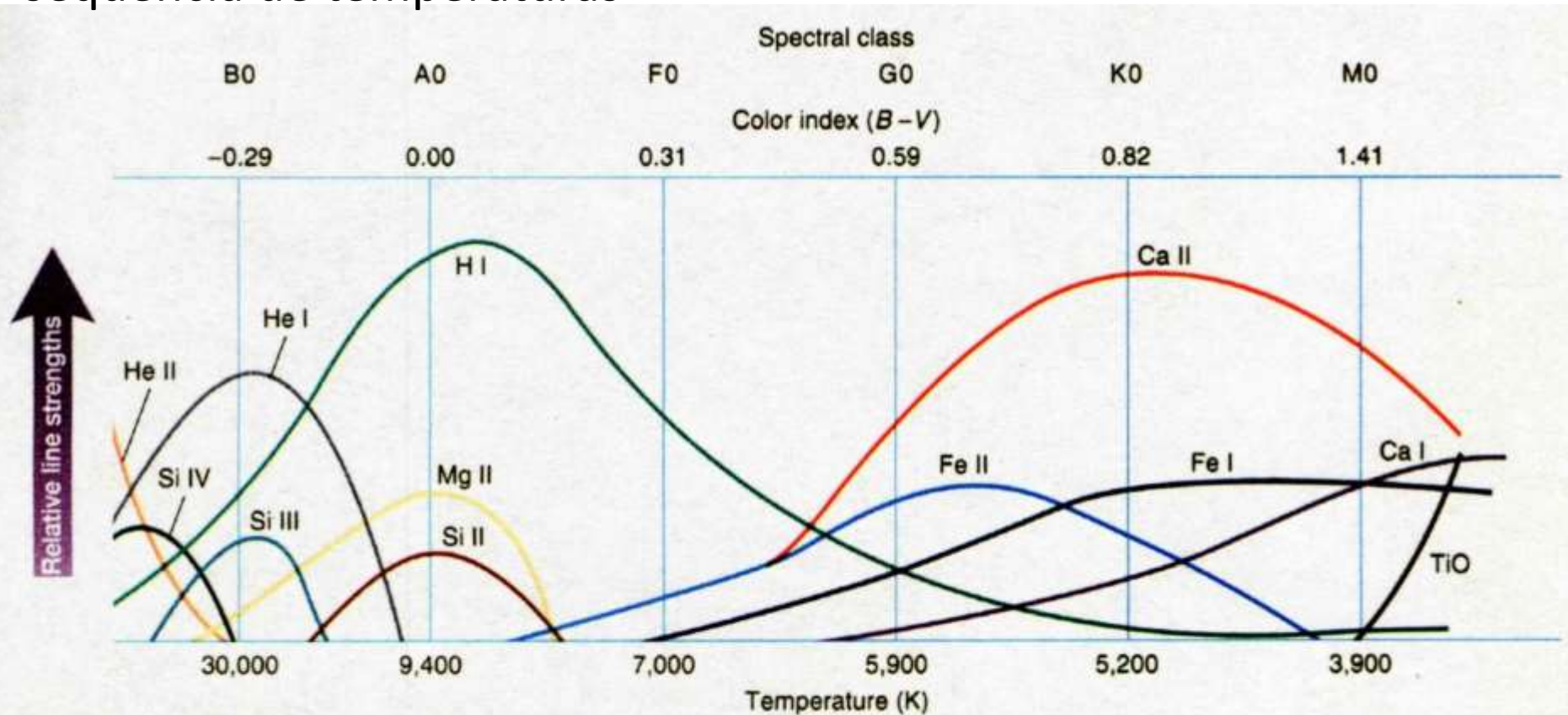
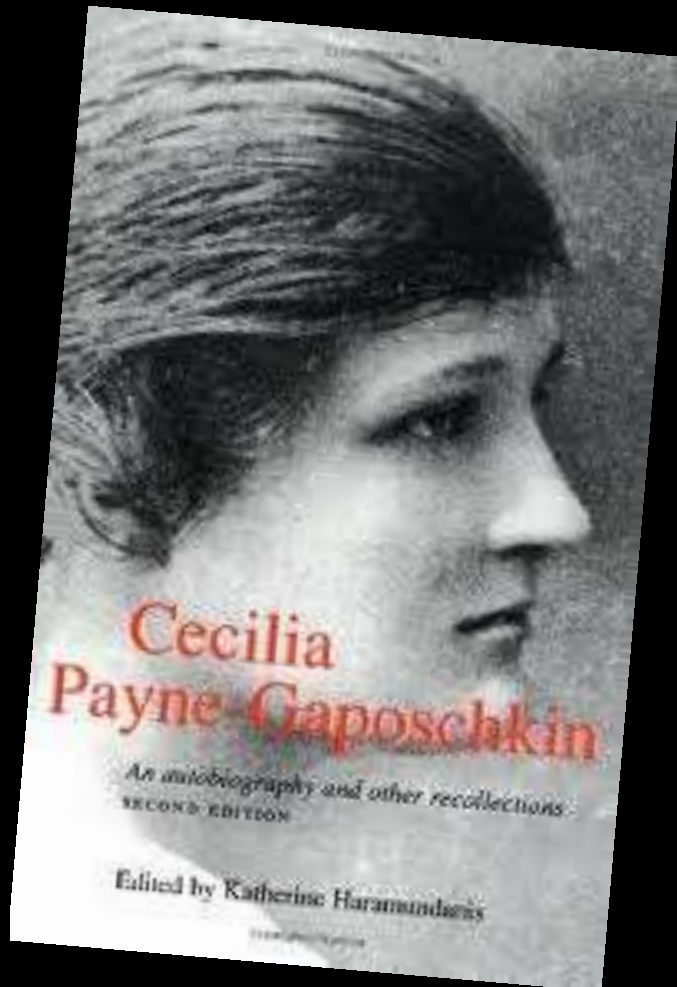


Figure 19.16 Different atoms, ions, and molecules produce their spectra at different temperatures. Molecules are populous only in class M. Neutral metals are present at low temperatures. Toward higher temperatures, more highly ionized species are created.

Composição química de estrelas:

Cecilia Payne-Gaposchkin

(May 10, 1900 – December 7, 1979)



1919: Botânica, Física e Química em Cambridge (UK)

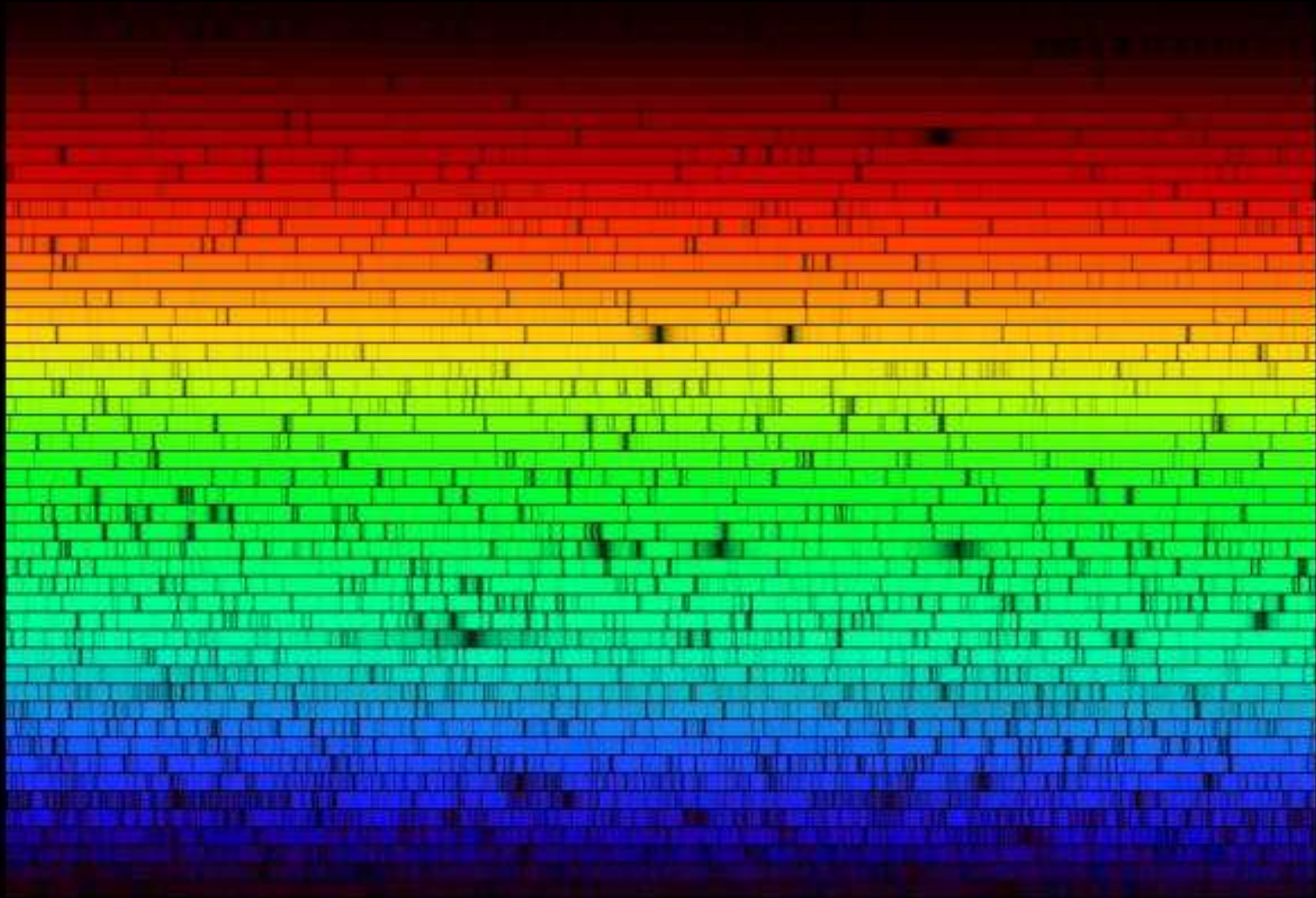
1922: iniciar estudos de astronomia nos Estados Unidos (Harvard)

1925: Tese de doutorado

H e He são os elementos mais abundantes em estrelas

A handwritten signature of Cecilia Payne Gaposchkin in black ink on a white background. The signature is written in a cursive style and reads "Cecilia Payne Gaposchkin".

Mas a maioria de linhas no espectro de estrelas é devida ao ferro ...





**Shapley: diretor do Harvard observatory
(supervisor da Cecilia Payne)**



Cecilia foi praticamente obrigada a mencionar na tese de doutorado que seus resultados sobre a alta abundância de H e He poderiam estar errados

Professor Russell (Princeton)



**É impossível !,
o Sol NÃO é
composto majormente
de H e He**

4 anos depois Russell publicou um paper anunciando que o Sol é majormente H ...

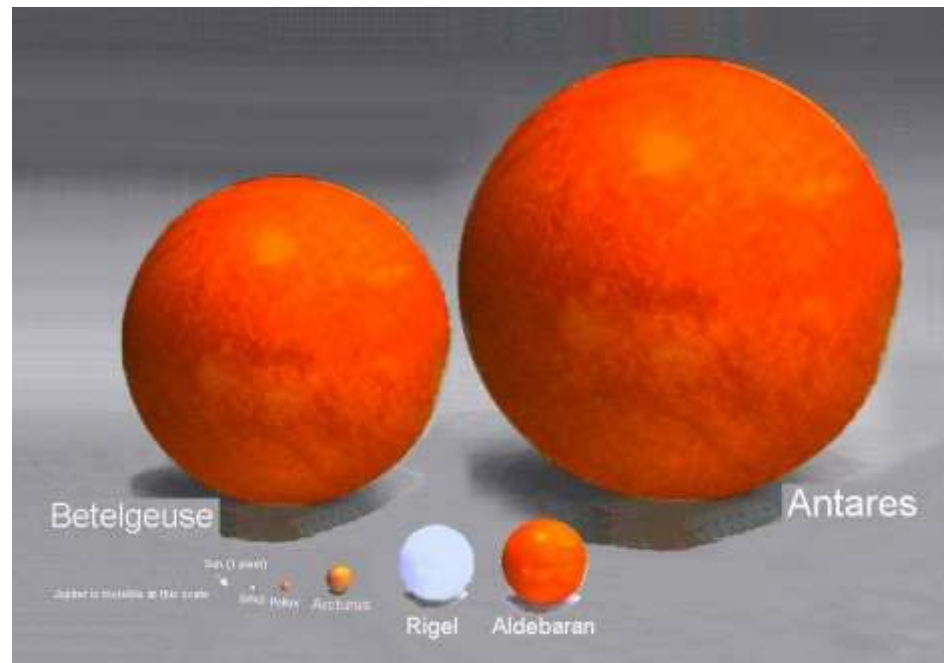
Cecilia Payne, uma astrônoma brilhante mas injustiçada

“PROBLEMAS”:

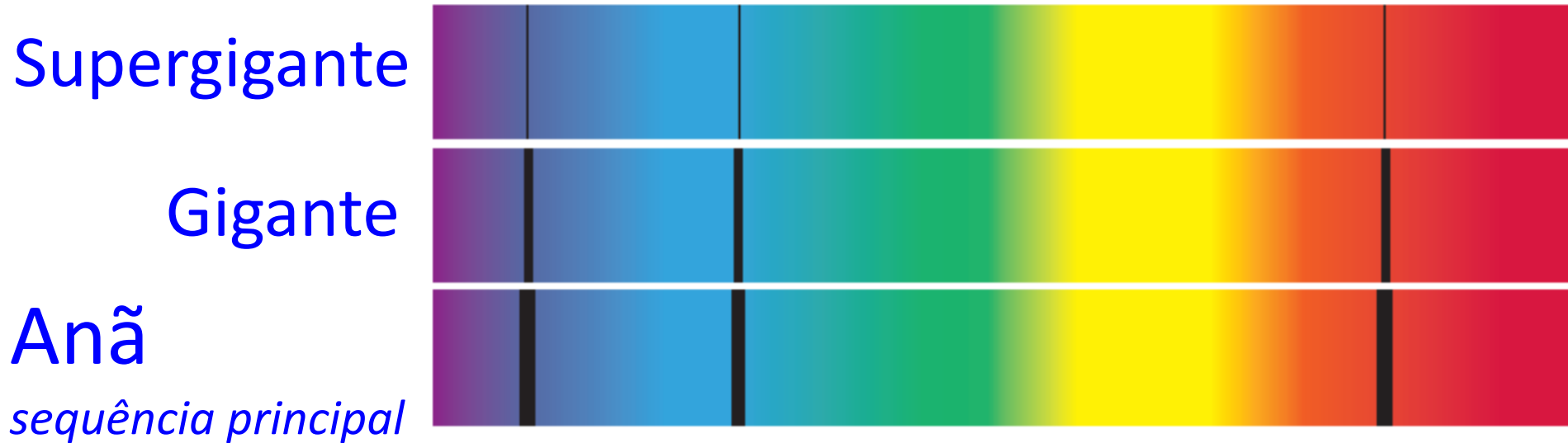
- Mulher
- Jovem (doutorado aos 25 anos, em 1925)
- Excepcionalmente brilhante
- Foi obrigada a mudar de área
- Foi subestimada ...
- Contratada apenas como assistente
- Foi nomeada Professora apenas em 1956



Mais sobre classificação espectral: classe de luminosidade



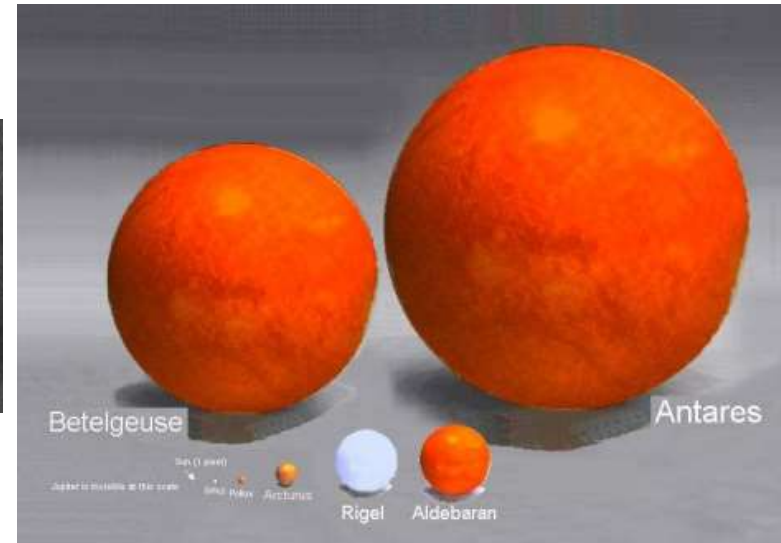
Luminosity effects on the widths of spectral lines



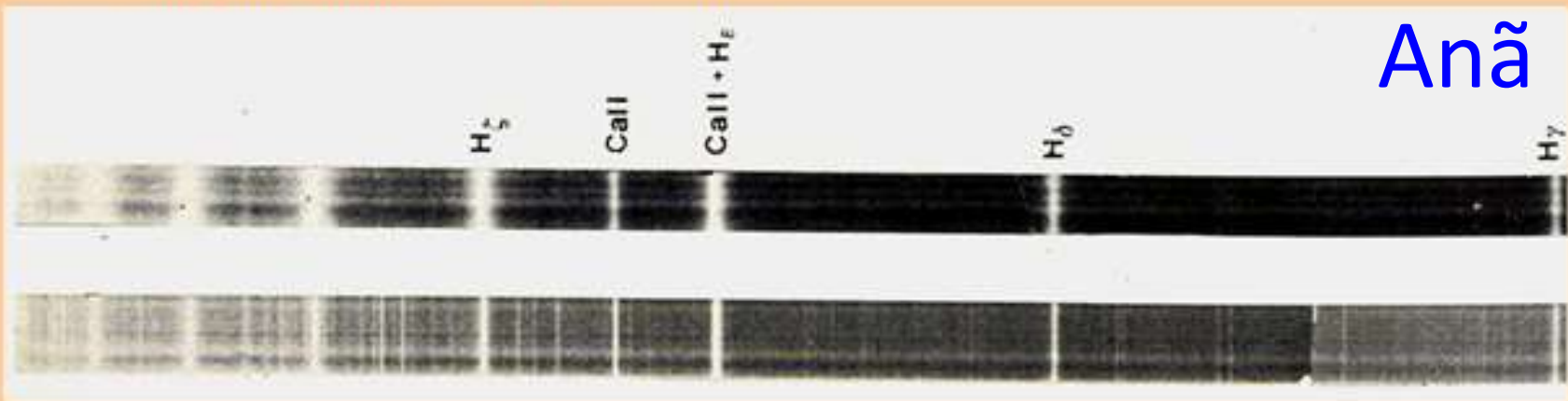
Classe de luminosidade



Antonia Maury : foi contratada em 1888 por E. Pickering (Harvard) para classificar espectros. Ela propôs um novo sistema de classificação levando em conta tb a forma das linhas, mas o sistema foi ignorado por Pickering.



Dwarf and Supergiant spectra in comparison

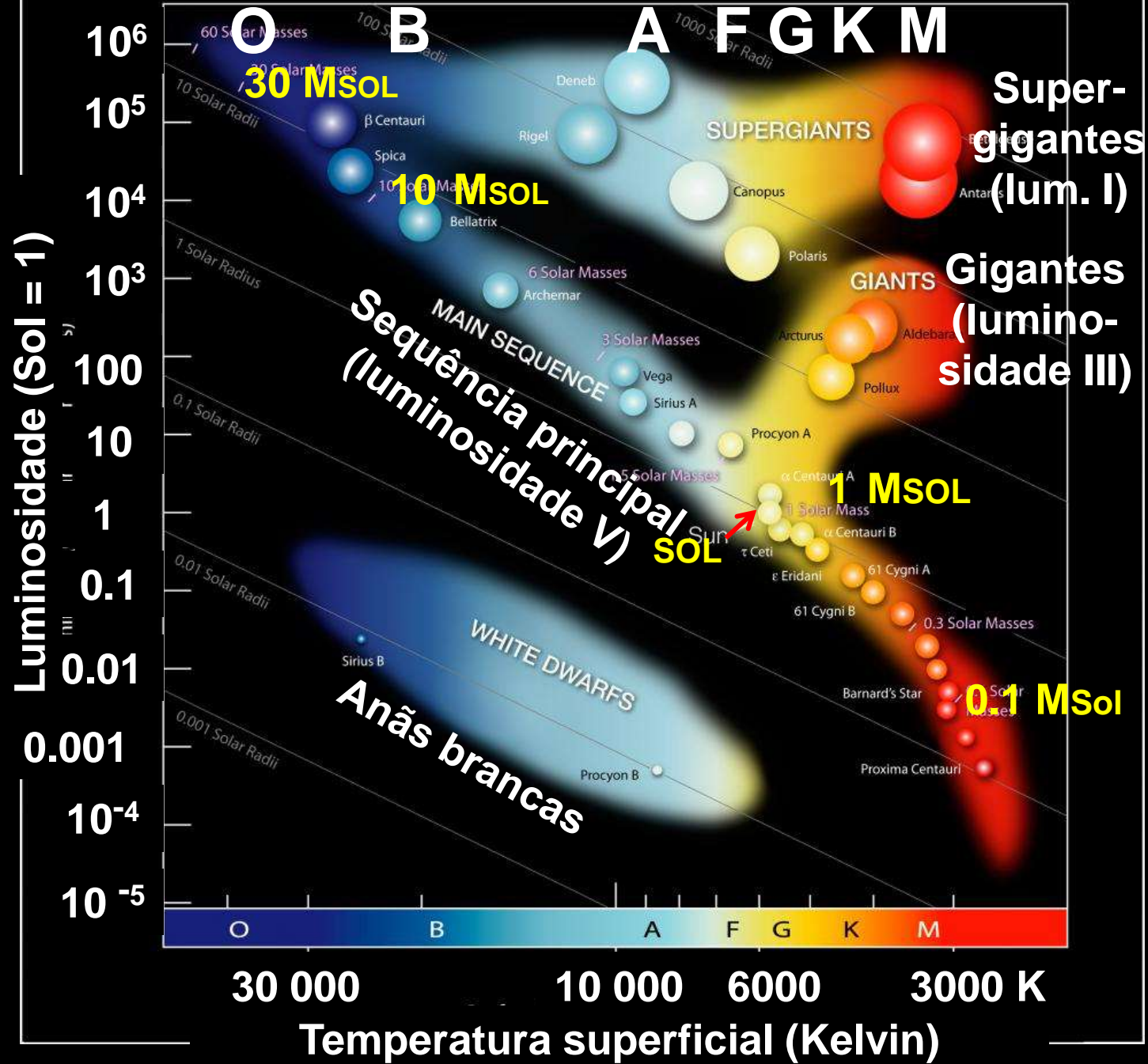


Above: normal star
Below: supergiant star

Supergigante

Note wide and diffuse hydrogen and calcium lines in normal stars atmosphere, against the extreme sharpness of the same lines in the supergiant atmosphere.

Diagrama H-R (Hertzsprung - Russell)



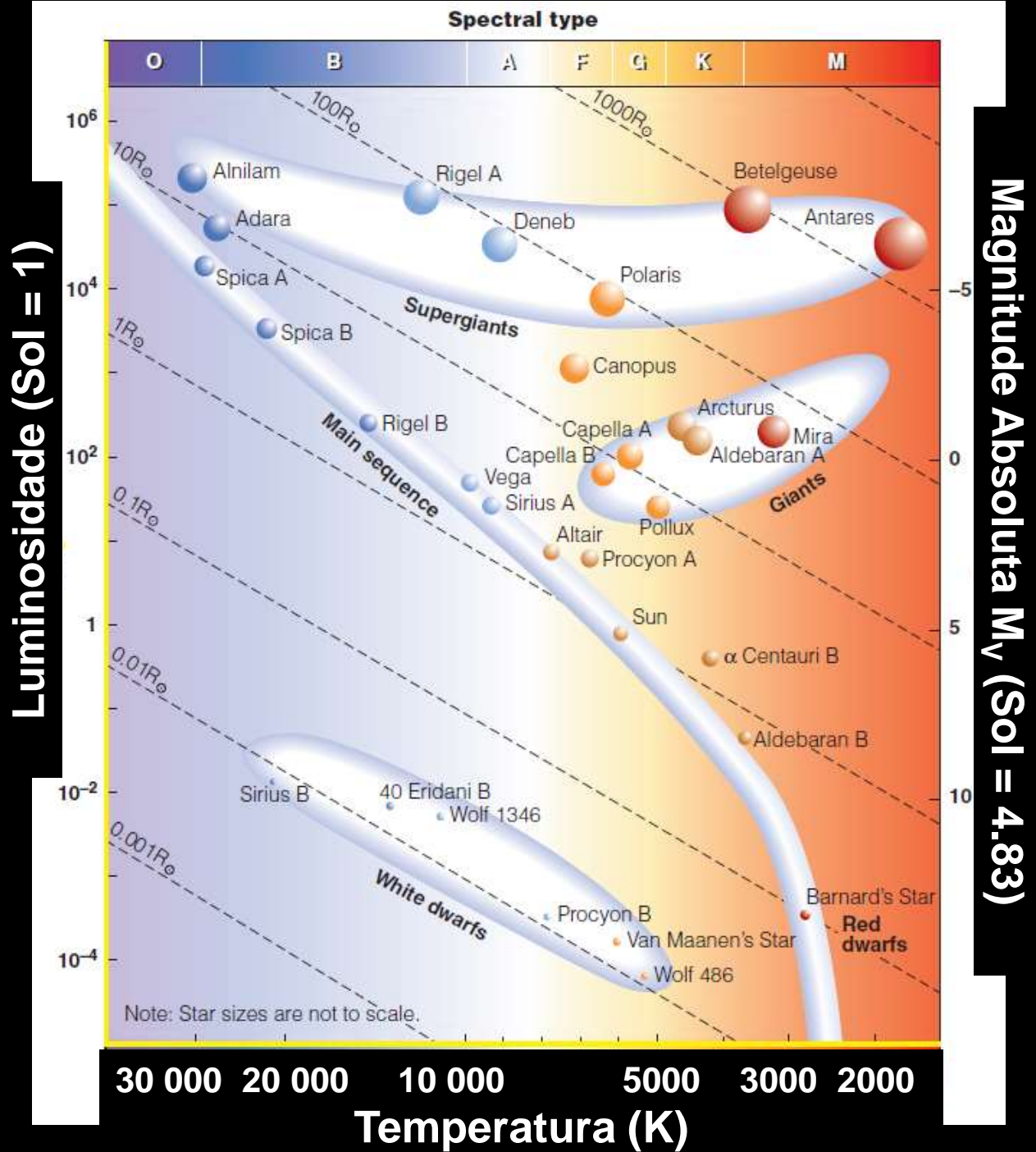
Fluxo na
superfície de
uma estrela:

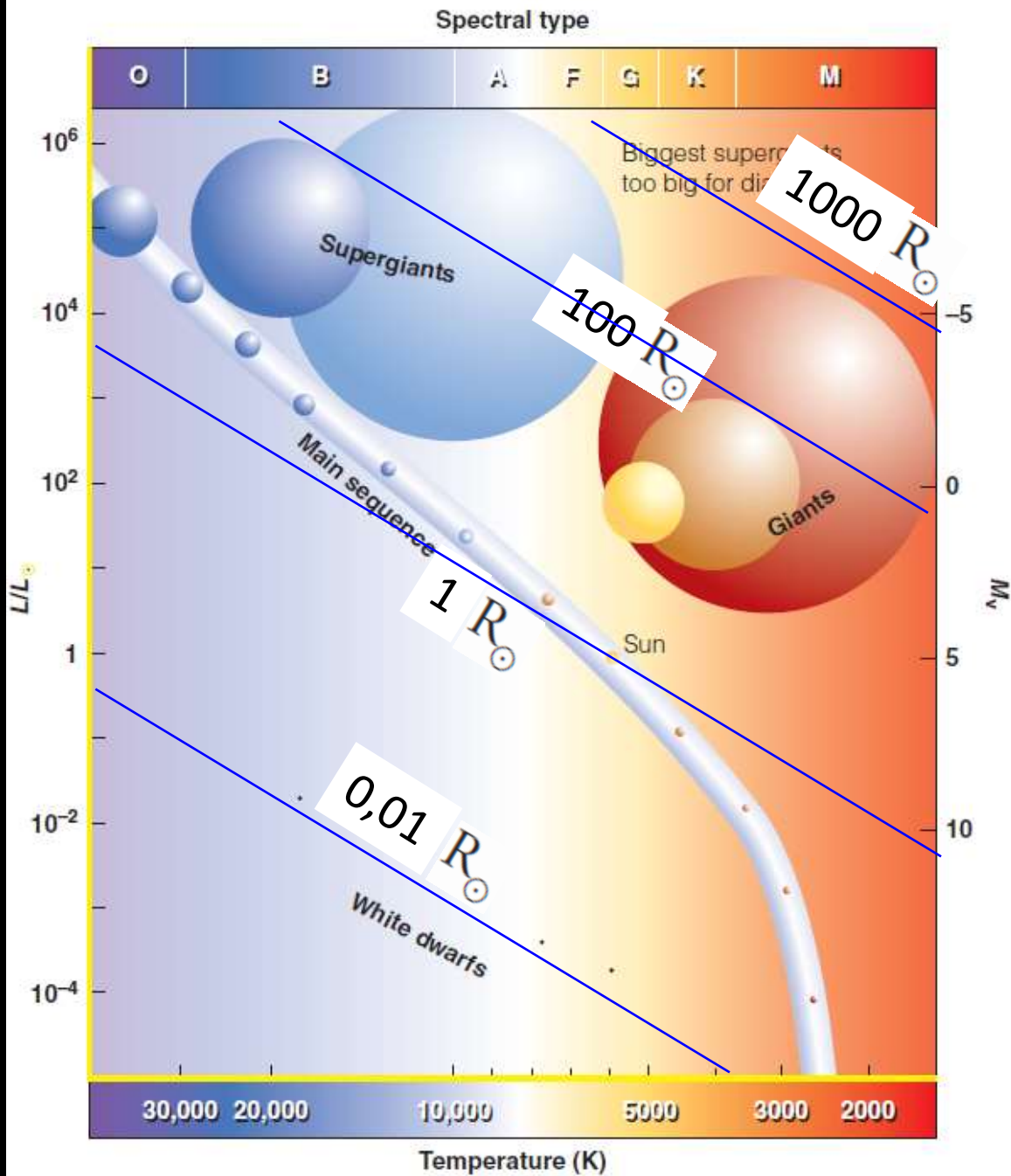
$$F = \sigma T_{\text{eff}}^4$$

Luminosidade:

$$L = F \cdot \text{área}$$

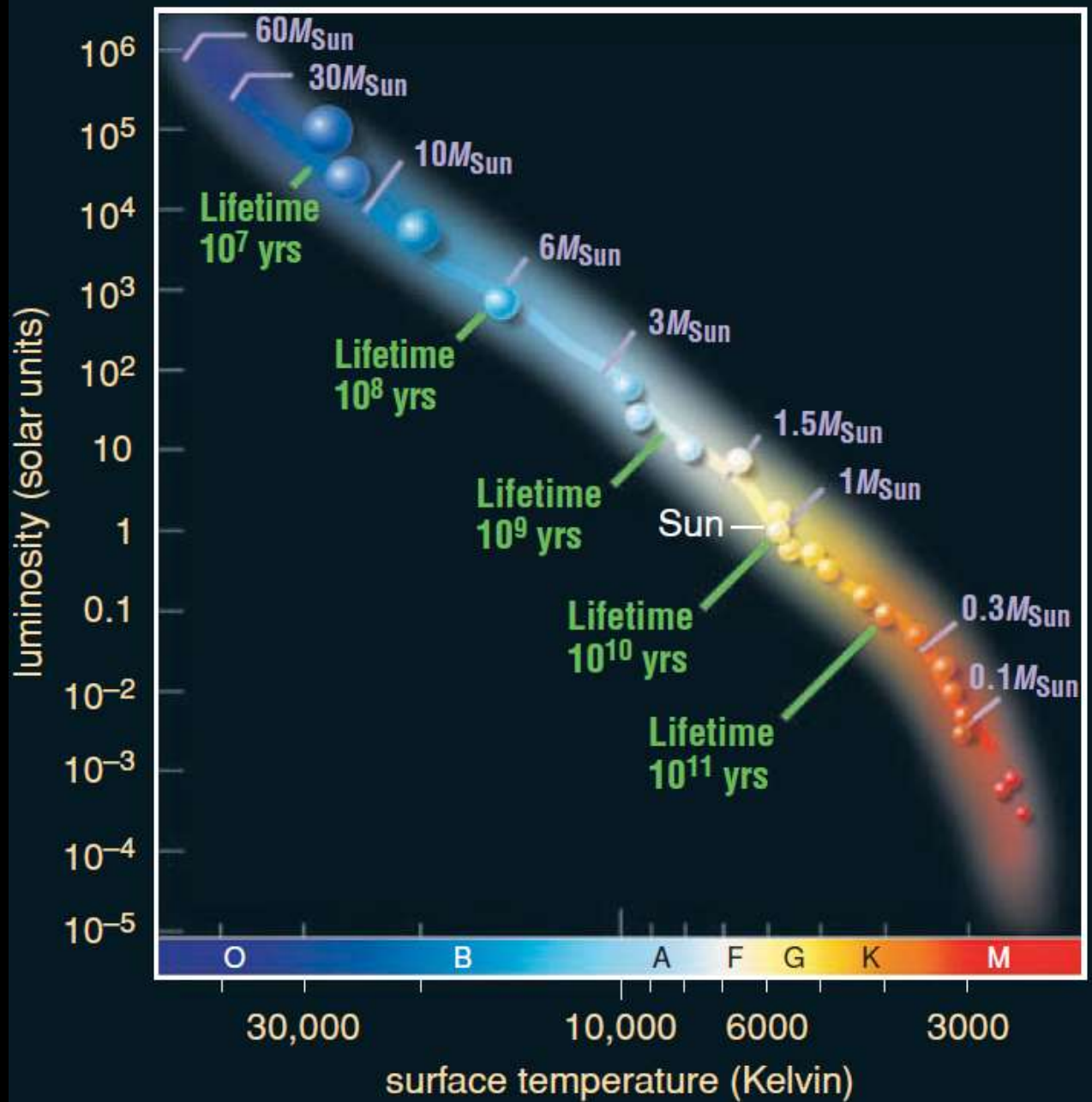
$$L = 4\pi R^2 \sigma T_{\text{eff}}^4$$





$$L = 4\pi R^2 \sigma T_{\text{eff}}^4$$

Massas e idades





Spica

B1 V
11 M_{Sun}
Lifetime 10^7 yrs



Sirius

A1 V
2 M_{Sun}
Lifetime 10^9 yrs



Sun

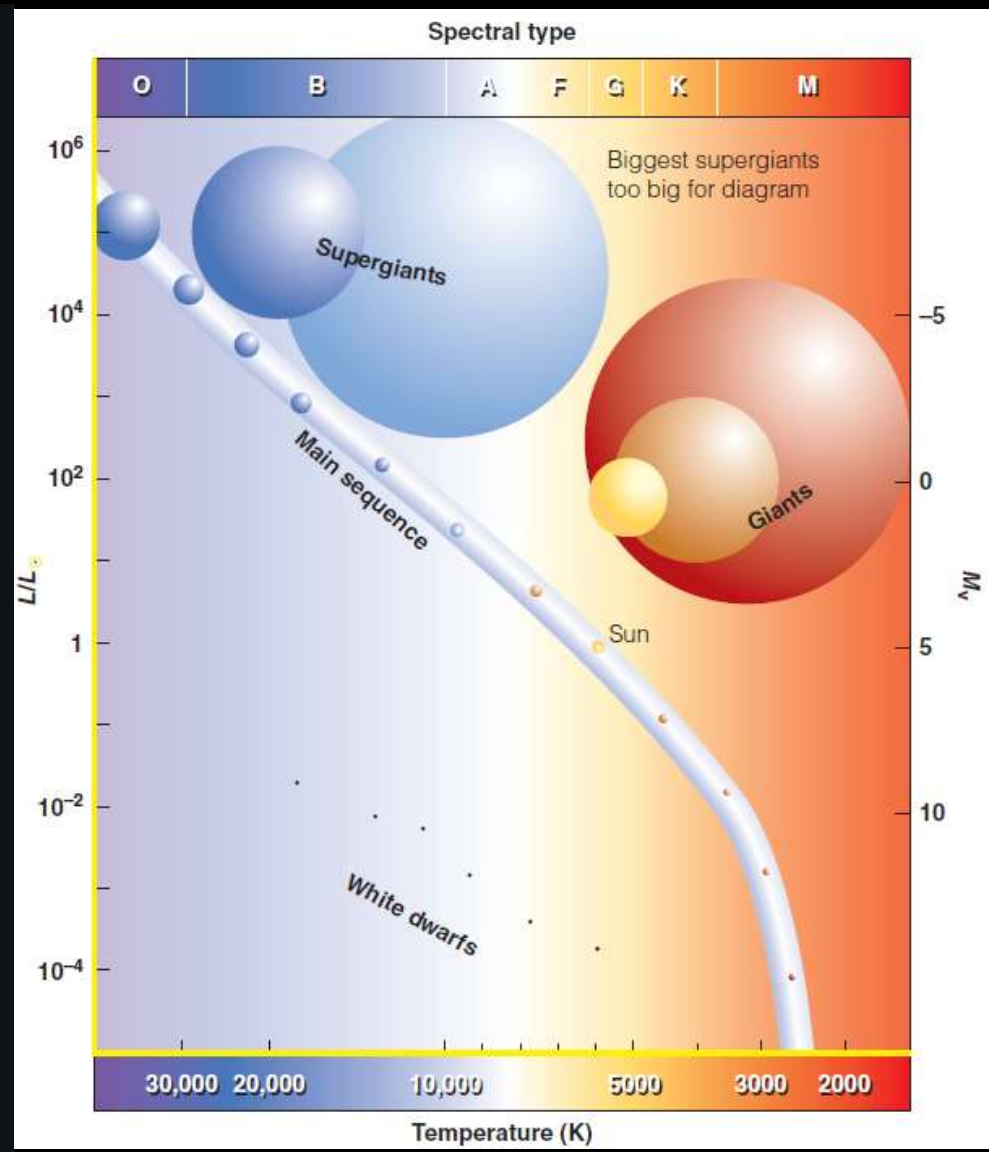
G2 V
1 M_{Sun}
Lifetime 10^{10} yrs



Proxima Centauri

M5.5 V
0.12 M_{Sun}
Lifetime 10^{12} yrs

A massa é a propriedade mais básica de uma estrela

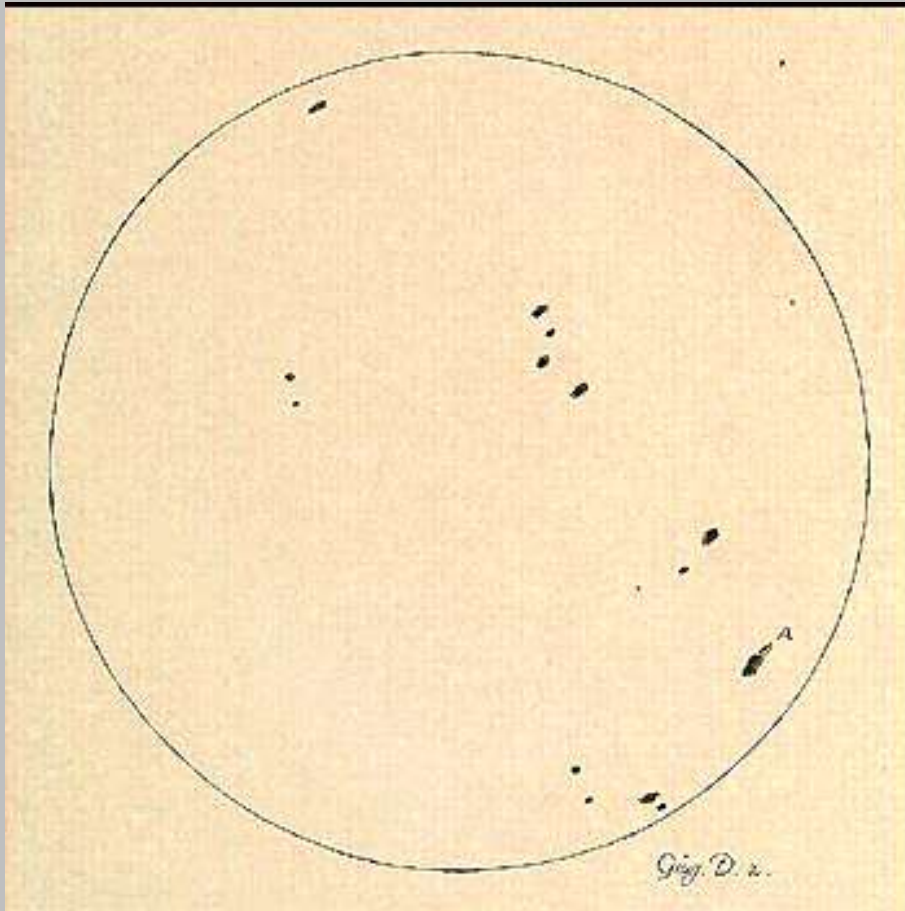


Propriedades fundamentais na seqüência principal (V): R, M, L em unidades solares

Classe estelar	RAIO	MASSA	Luminosidade	Temperatura
	R/R_{\odot}	M/M_{\odot}	L/L_{\odot}	K
O2	16	158 ?	2 000 000	54 000
O5	14	58	800 000	46000
B0	5,7	16	16 000	30 000
B5	3,7	5,4	750	15 200
A0	2,3	2,6	63	9 500
A5	1,8	1,9	24	8 700
F0	1,5	1,6	9,0	7 200
F5	1,2	1,35	4,0	6 400
G0	1,05	1,08	1,45	6 000
G2	1,0	1,0	1,0	5 800
G5	0,98	0,95	0,70	5 500
K0	0,89	0,83	0,36	5 250
K5	0,75	0,62	0,18	4 450
M0	0,64	0,47	0,075	3 850
M5	0,36	0,25	0,013	3 200
M8	0,15	0,10	0,0008	2 500
M9.5	0,10	0,08	0,0001	1 900

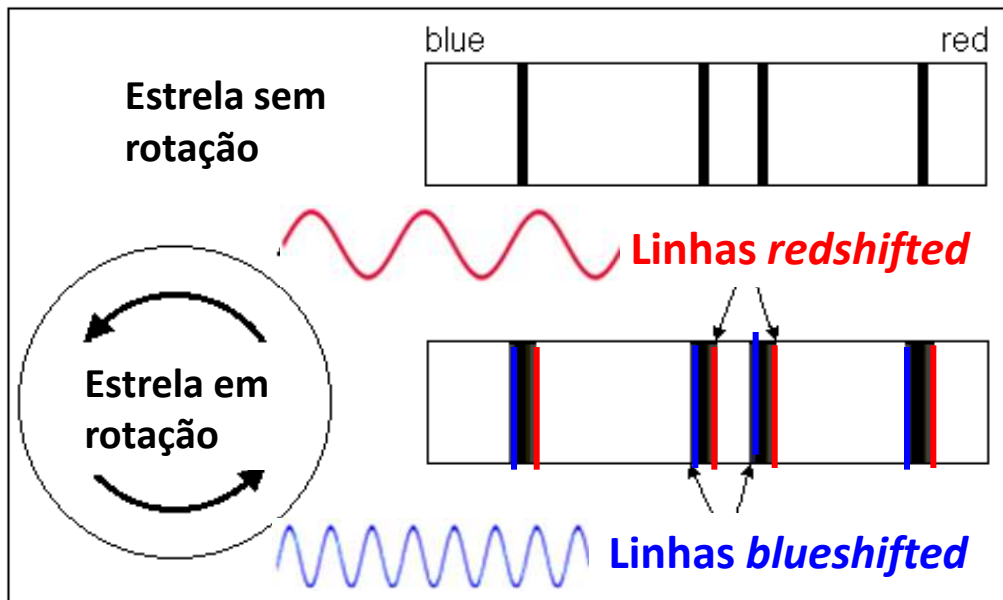
Animação de manchas solares observadas por Galileo

2 Jun – 8 Jul 1613: **rotação do Sol !**

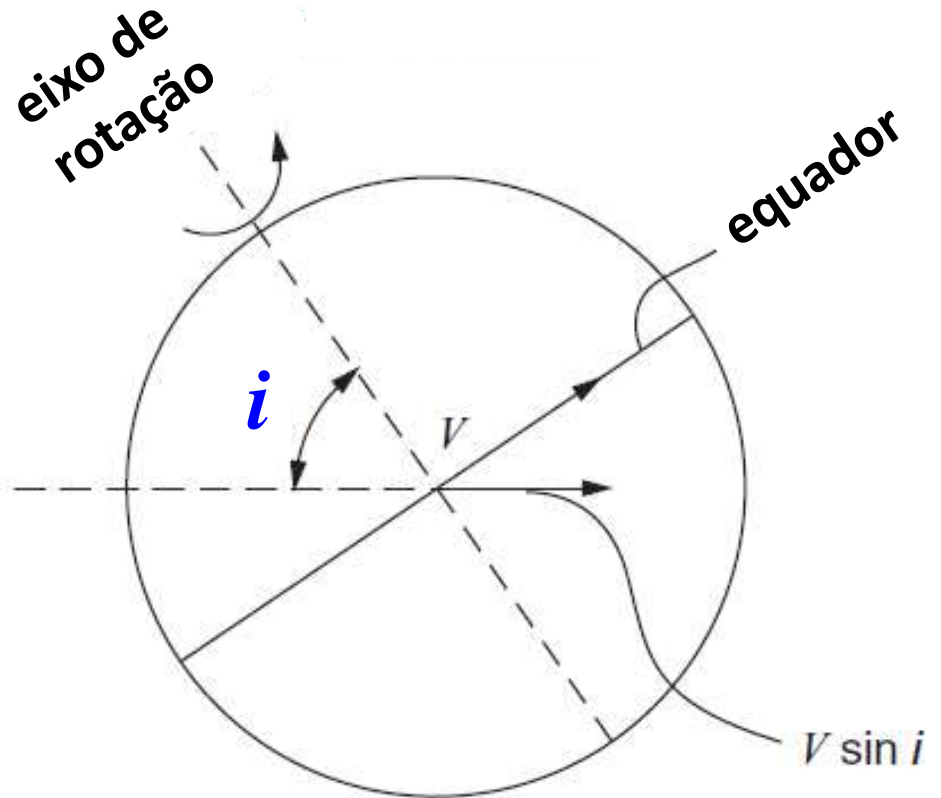


Efeito da velocidade de rotação nas linhas do espectro estelar

Estrela em rotação **Luz deslocada ao vermelho**

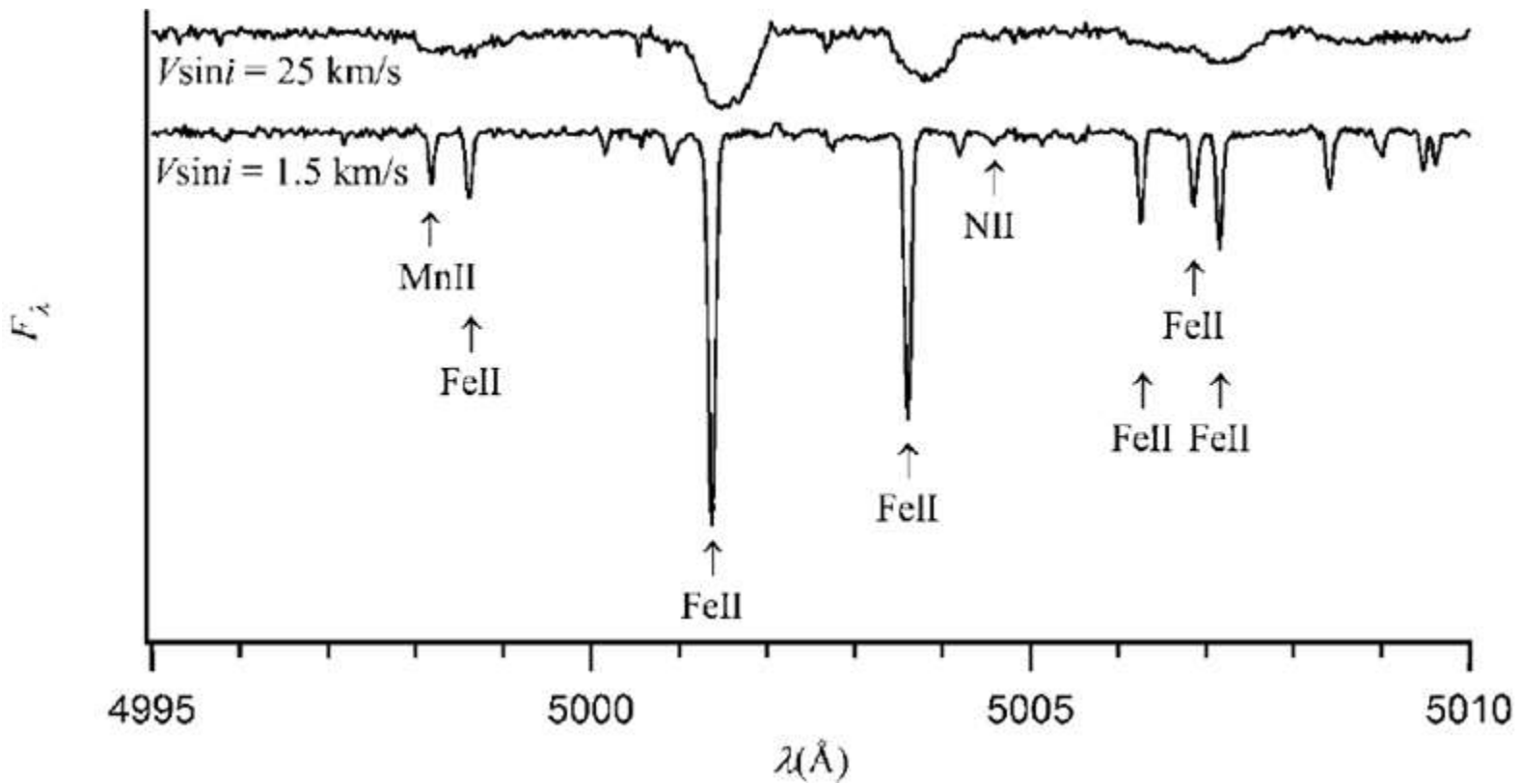


Efeito do ângulo de inclinação i

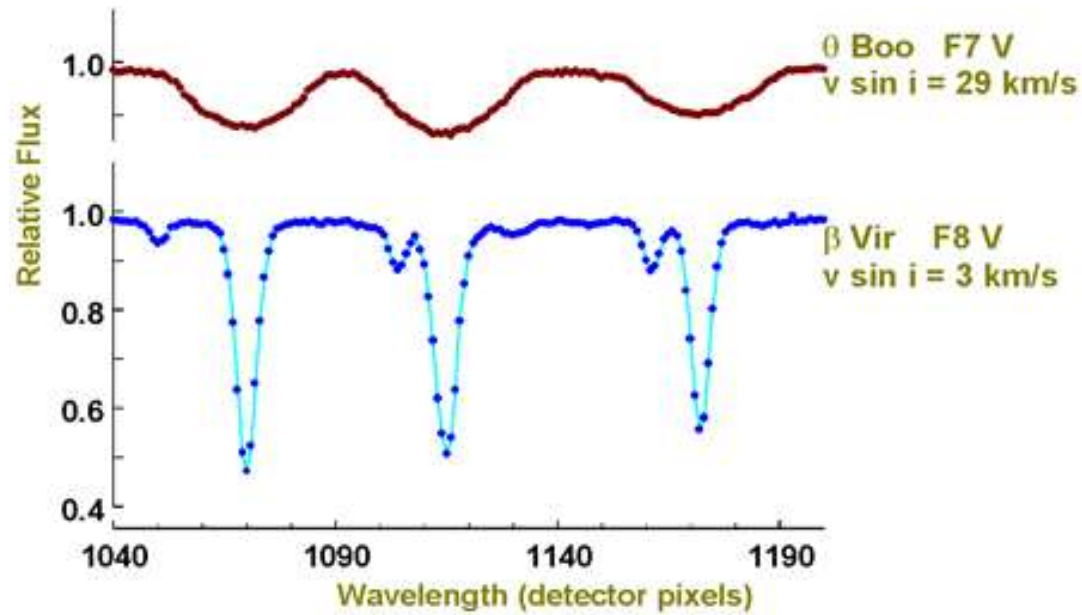


Devido à inclinação do eixo de rotação é observada a componente da velocidade $V \sin i$

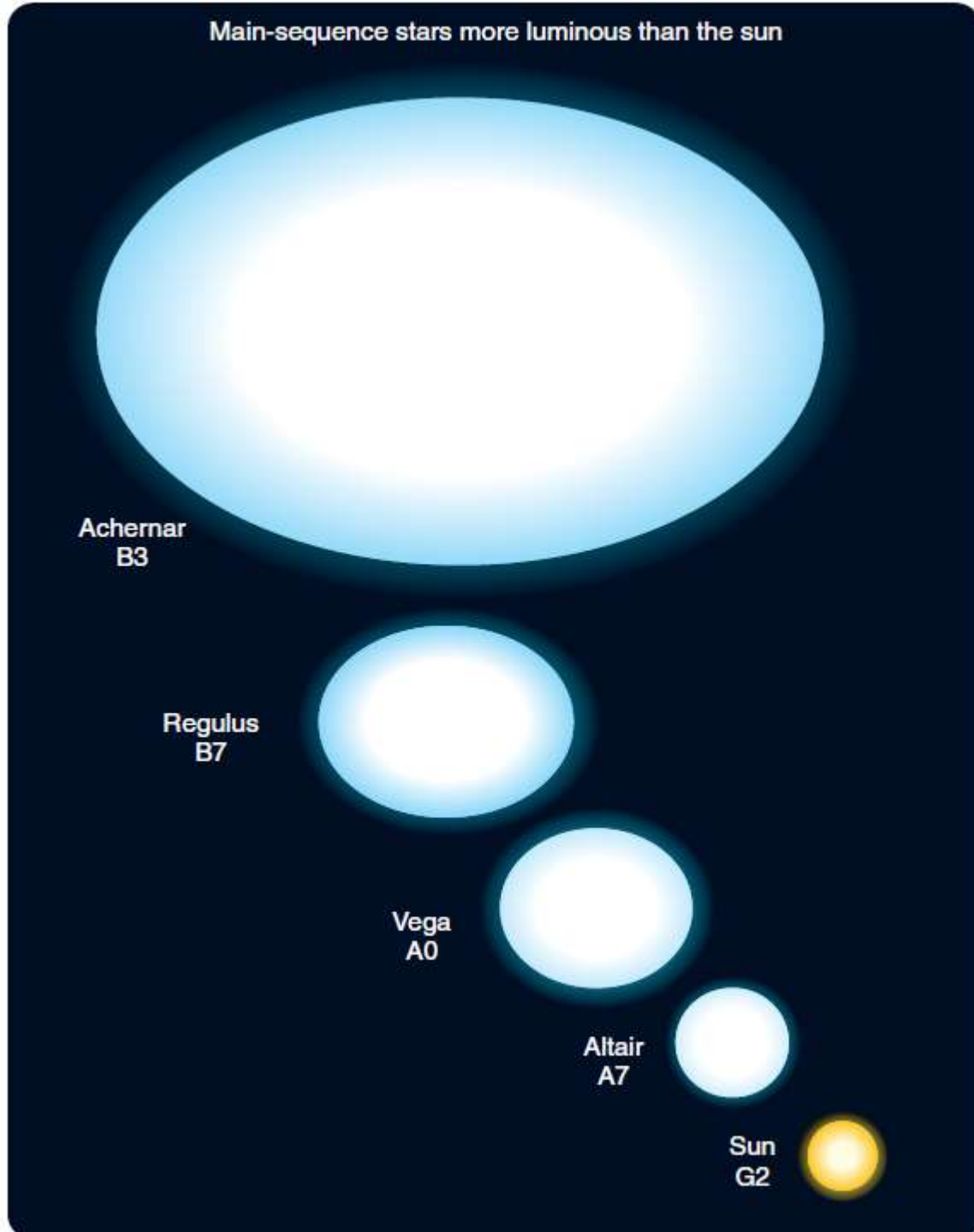
Estrelas de tipo A0 com diferentes $V_{\text{sin } i}$

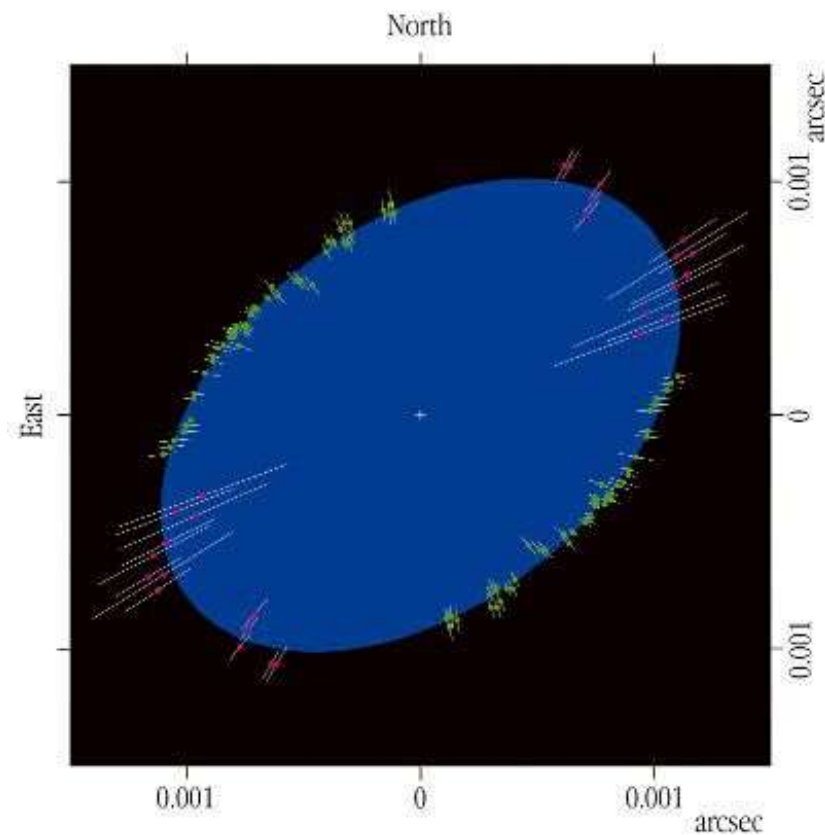


Efeito da velocidade de rotação nas linhas espectrais

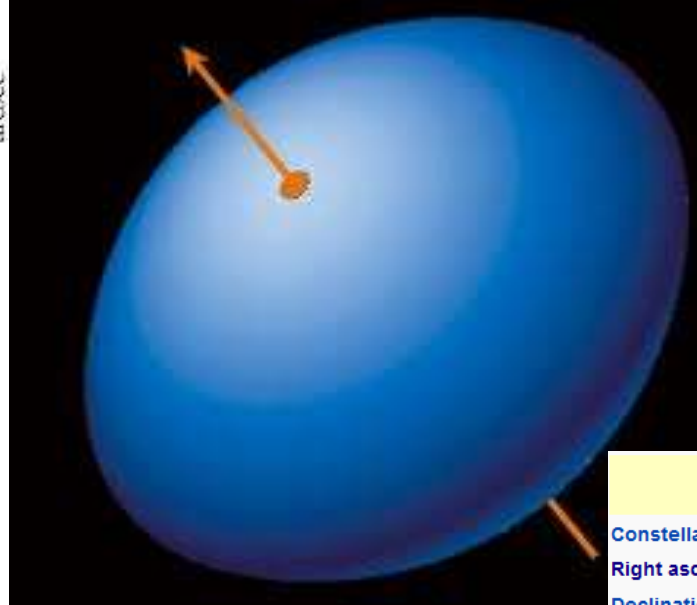


Efeito da alta velocidade de rotação em estrelas massivas





The Shape of Achernar
(VLTI + VINCI)



Observation data	
Epoch J2000	Equinox J2000
Constellation	Eridanus
Right ascension	01 ^h 37 ^m 42.84548 ^s ^[1]
Declination	-57° 14' 12.3101" ^[1]
Apparent magnitude (v)	0.445 ^[2]
Characteristics	
Spectral type	B6 Vep ^[3]
U-B color index	-0.64 ^[2]
B-V color index	-0.17 ^[2]
Variable type	Lambda Eridani
Astrometry	
Radial velocity (R_v)	+16 ^[4] km/s
Proper motion (μ)	RA: 87.00 ± 0.58 ^[1] mas/yr Dec.: -38.24 ± 0.50 ^[1] mas/yr
Parallax (π)	23.39 ± 0.57 ^[1] mas
Distance	139 ± 3 ly (43 ± 1 pc)
Details	
Mass	6–8 ^[5] M _⊙
Radius	7.3 × 11.4 ^[6] R _⊙
Luminosity	3,150 ^[6] L _⊙
Surface gravity (log g)	3.5 ^[7]
Temperature	~15,000 ^[7] K
Rotational velocity (v sin i)	250 ^[7] km/s
Age	1–5 × 10 ⁸ ^[citation needed] years

Dr. Armando Dominiciano de Souza
Côte d'Azur, França
(ex-aluno do IAG/USP)

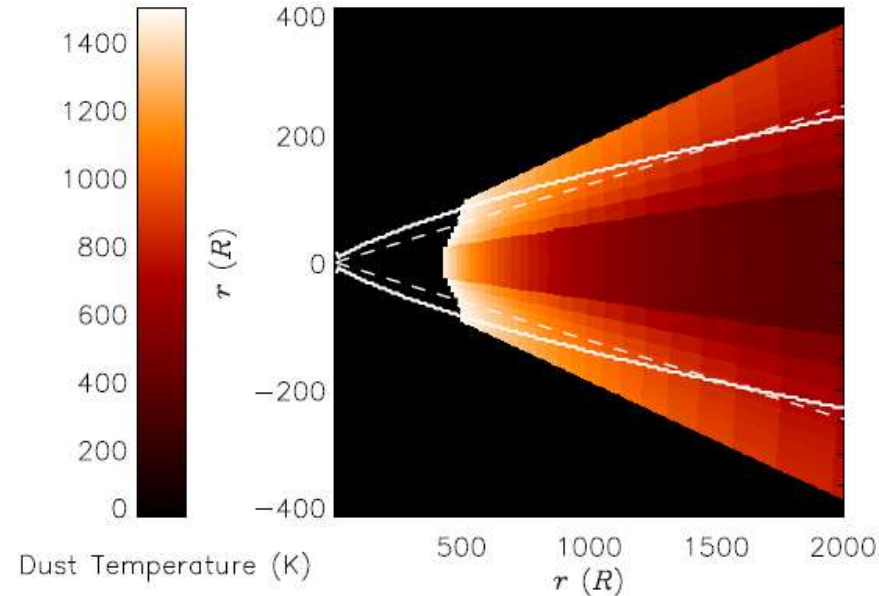
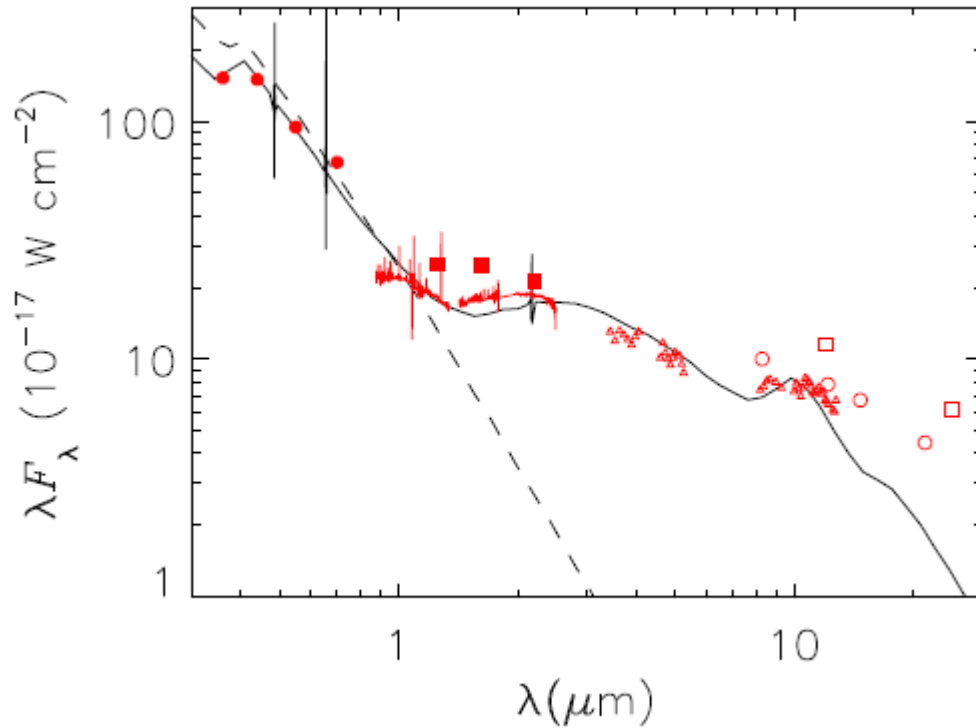


ESO PR Photo 15b-03 (11 June 2005)

© European Southern Observatory



Discos ao redor de estrelas massivas



Prof. Alex Carciofi,
IAG/USP

Eta Carinae: estrela massiva prestes a explodir ?



A HORA DE ETA CARINAE

Astrônomo brasileiro acerta previsão sobre comportamento de estrela hipergigante. Eta Carinae —que na verdade é um sistema de duas estrelas— desafia astrônomos há décadas. Entenda por que ela fascina tanto os cientistas

The central object

Radiative power: 5 000 0000 x Sun
Wind power: 100 000 000 x Solar wind
Born masses: 110 + 40? x Sun (2 stars)
Present masses: ~70 + 30? x Sun
Distance: 7 500 light-years
Age: 2.56 Myr (Sun ~ 5 Gyr)
Total lifetime: ~3 Myr (Sun ~12 Gyr)
Temperature: ~16 000 + ~30 000 K
Radius (brightest star): ~ 1 A.U.
Periastron distance: ~ 4 A.U.



O astrônomo Augusto Daminieli, em sala de controle do Soar
Prof. Augusto Daminieli, IAG/USP

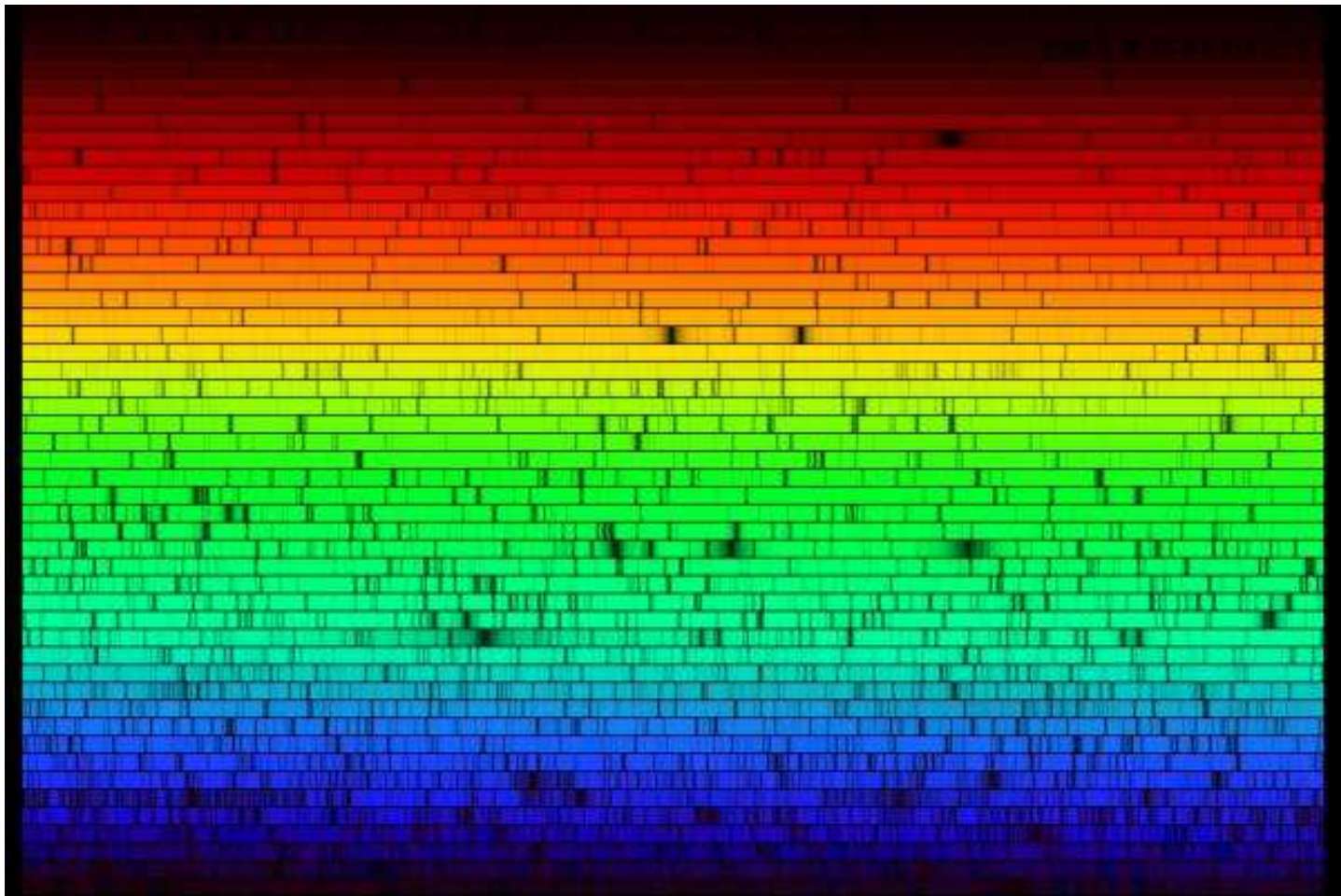
Eta Carinae, na verdade, é um sistema com dois astros

Oscilações estelares em estrelas massivas



Prof. Janot Pacheco, IAG/USP

Estrelas F, G, K : vínculos cosmológicos e sobre a evolução química da Galáxia



Primeiros elementos no universo: H, He, Li

Periodic Table of the Elements © www.elementsdatabase.com

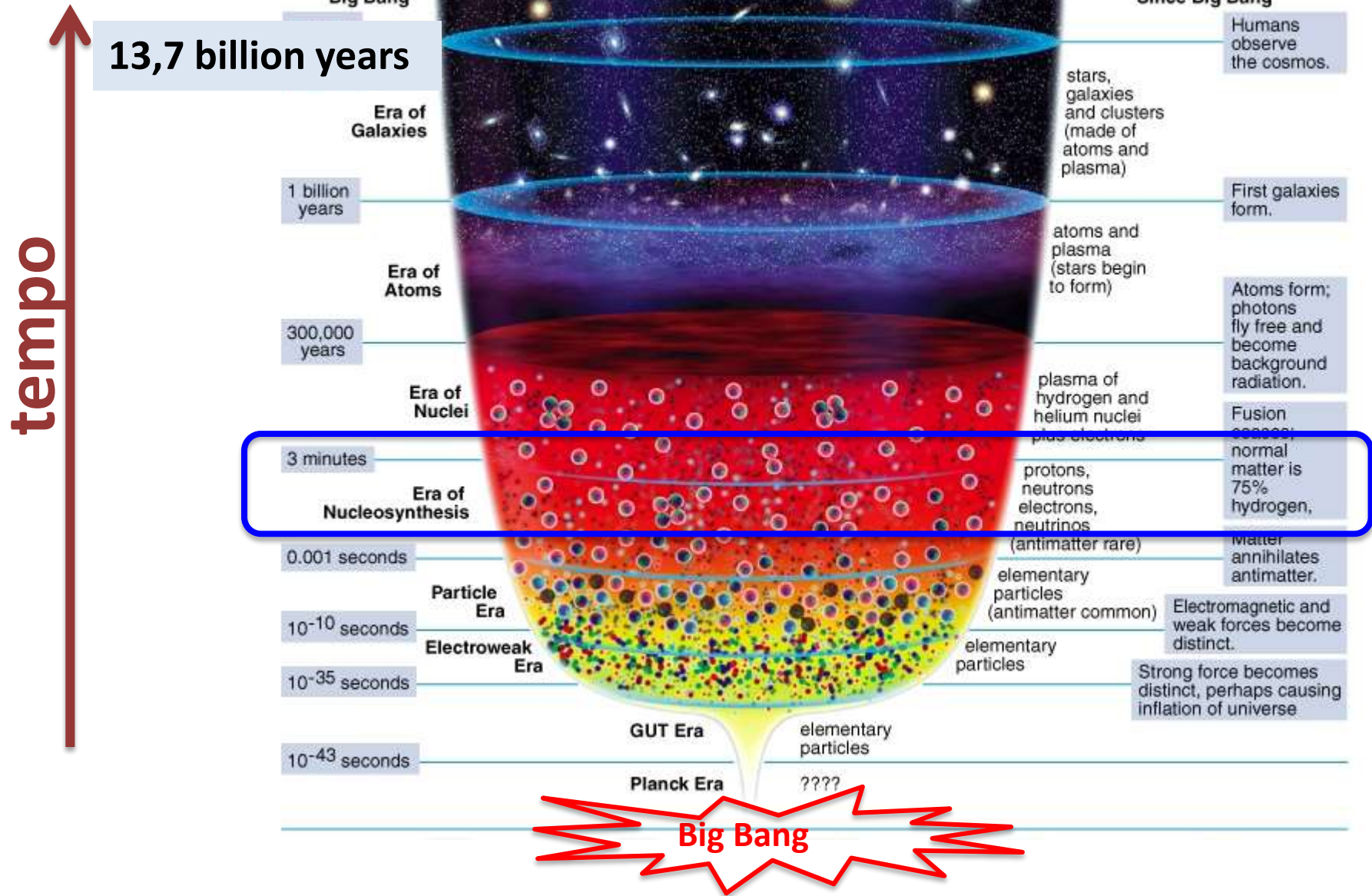
- hydrogen
- alkali metals
- alkali earth metals
- transition metals
- poor metals
- nonmetals
- noble gases
- rare earth metals

1 H																	2 He						
3 Li	4 Be																	5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg																	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr						
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe						
55 Cs	56 Ba	57 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn						
87 Fr	88 Ra	89 Ac	104 Unq	105 Unp	106 Unh	107 Uns	108 Uno	109 Une	110 Unn														

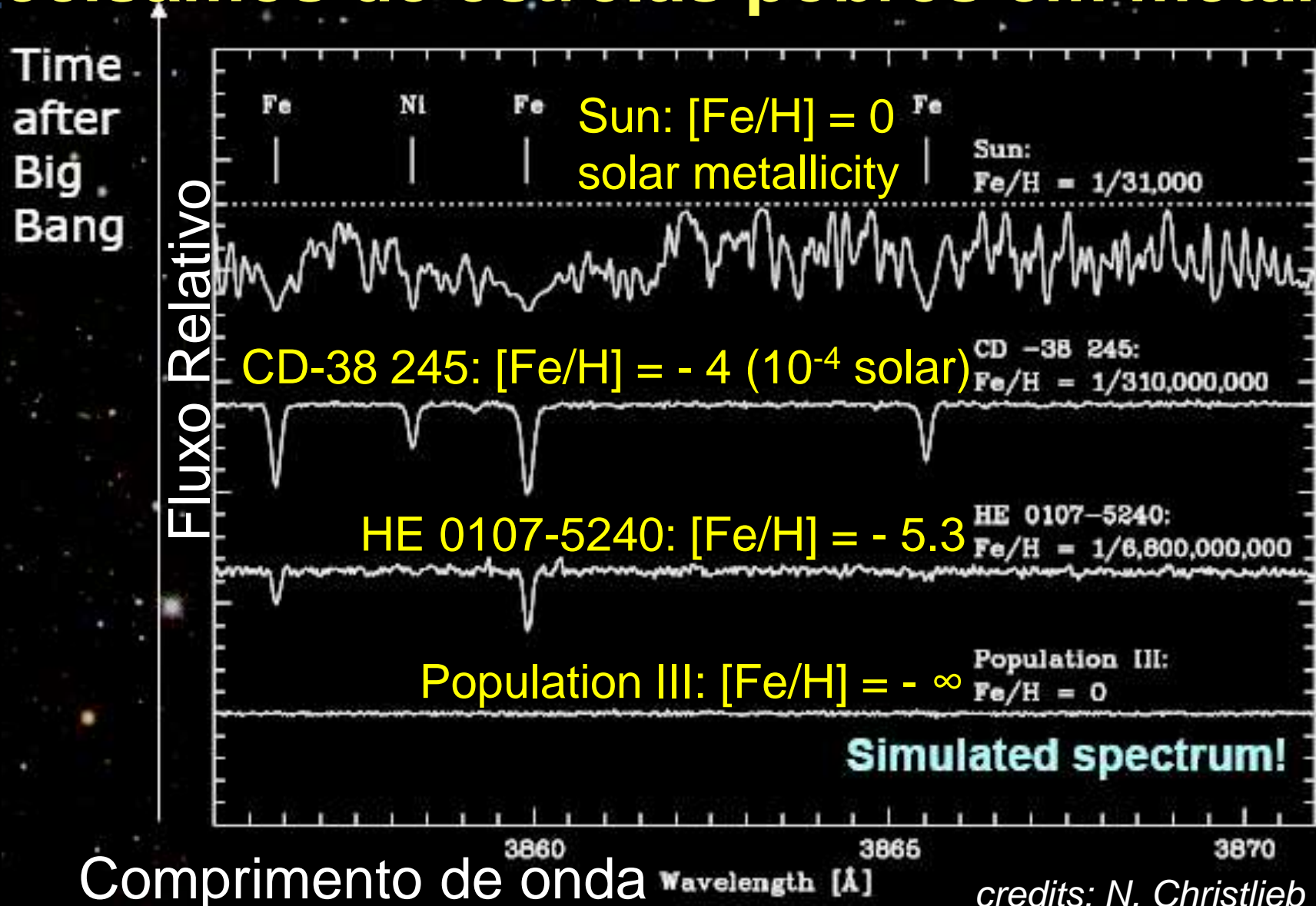
58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

Evolução de nosso universo

Primeiros minutos: H, He, Li

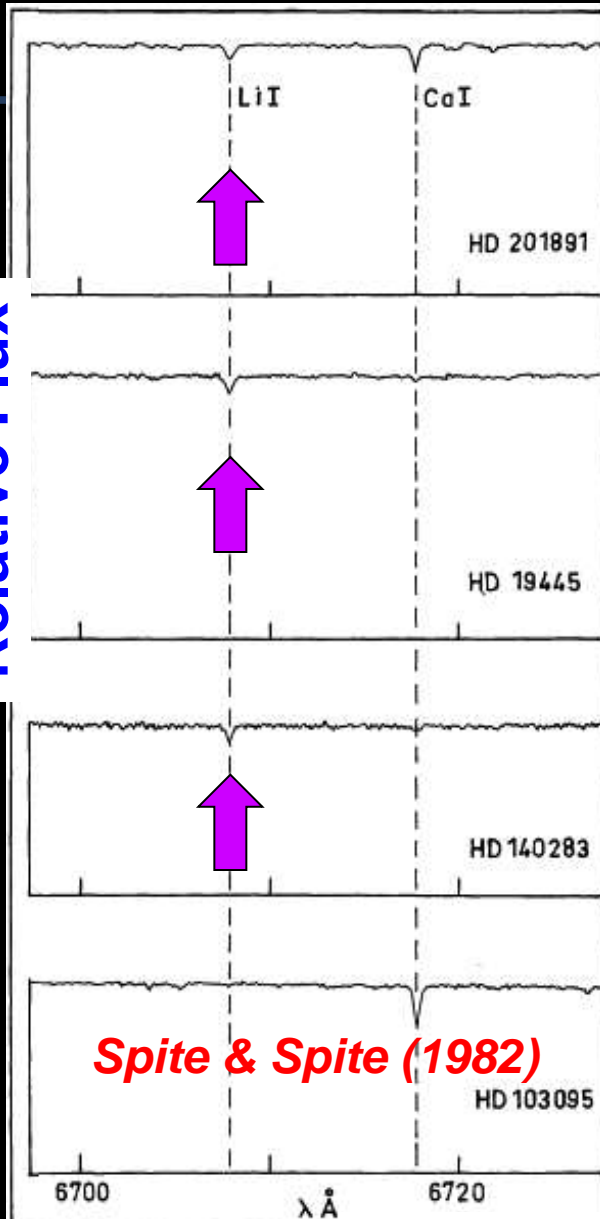


Para estudar a nucleossíntese primordial precisamos de estrelas pobres em metais

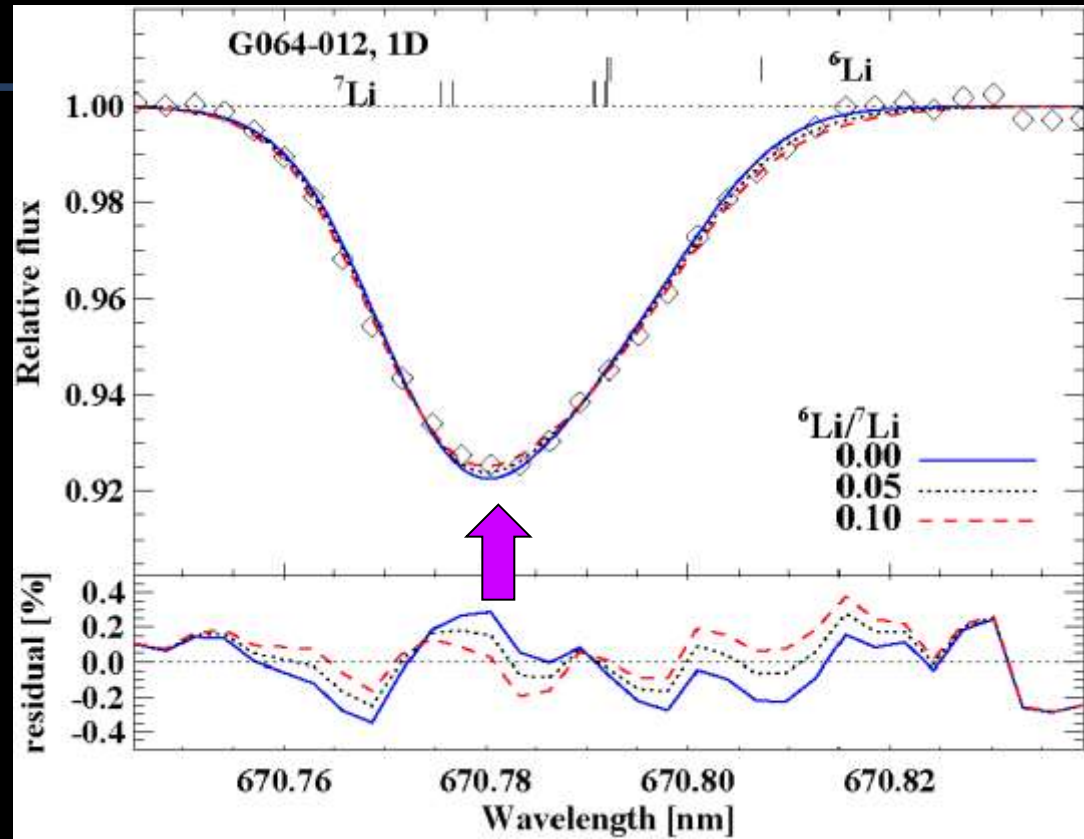


Lítio primordial em estrelas pobres em metais !

Relative Flux

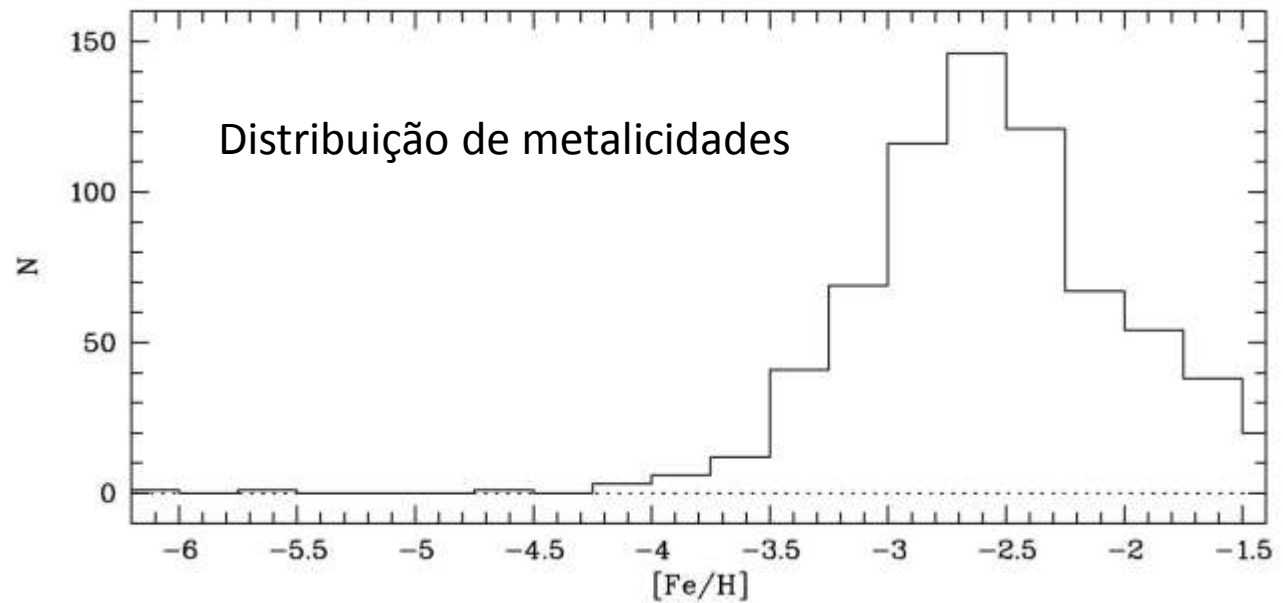


Wavelength (Å)



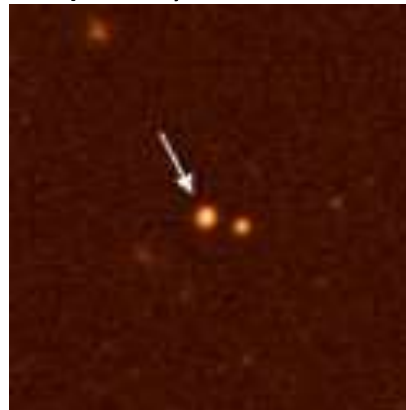
*Asplund & Melendez (2008).
Estrela com $[\text{Fe}/\text{H}] = -3$ (mil
vezes menos metais que no Sol)*

Procura de estrelas pobres em metais



Dr. Vinicius Placco recebendo o prêmio destaque do doutorado do IAG/USP

HE0107-5240
[Fe/H] = -5,2
1/200,000 Sol



Prof. Silvia Rossi, IAG/USP

Evolução dos elementos químicos

De *H* e *He* a “metais”

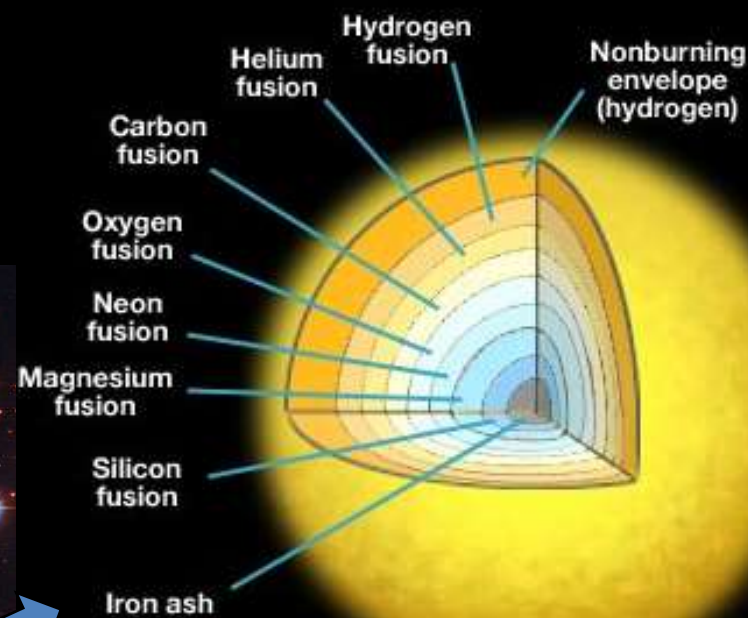
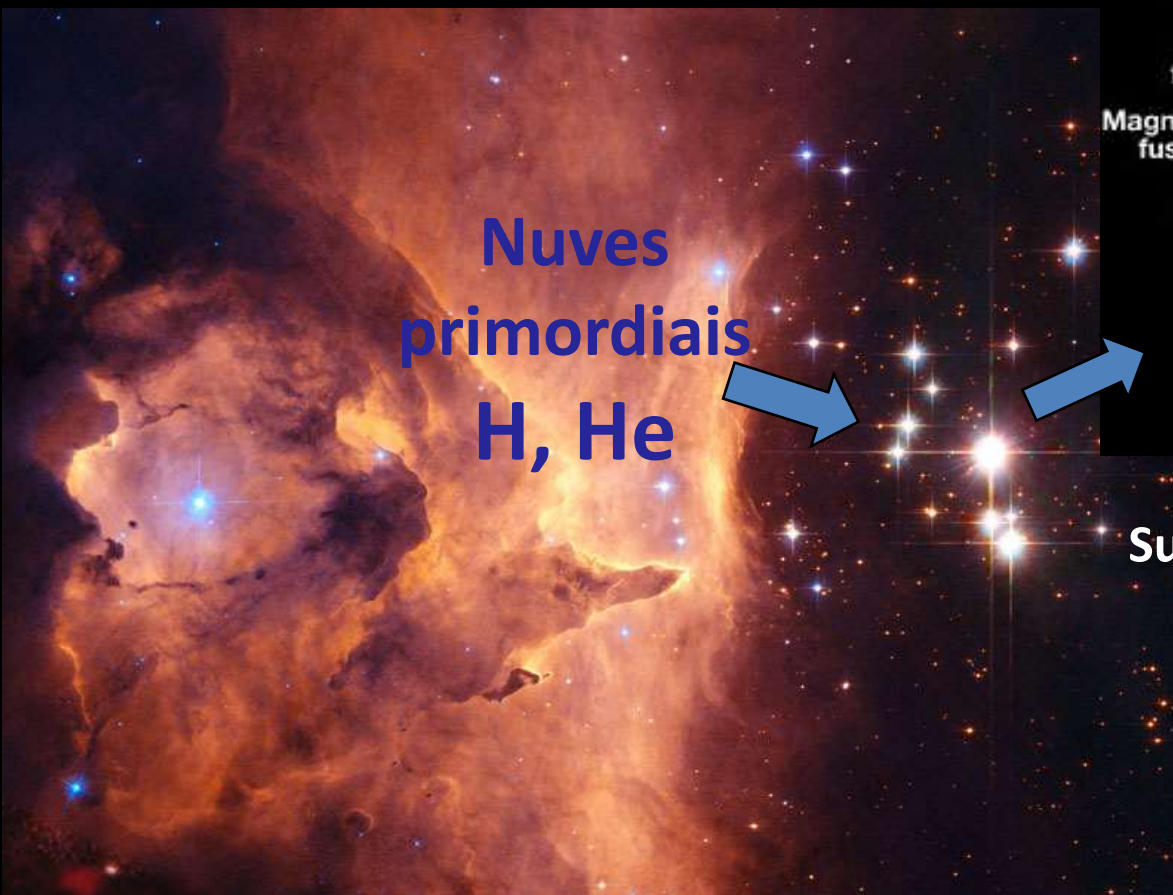
Periodic Table of the Elements © www.elementsdatabase.com

- hydrogen
- alkali metals
- alkali earth metals
- transition metals
- poor metals
- nonmetals
- noble gases
- rare earth metals

H ¹																	He ²
Li ³	Be ⁴											B ⁵	C ⁶	N ⁷	O ⁸	F ⁹	Ne ¹⁰
Na ¹¹	Mg ¹²											Al ¹³	Si ¹⁴	P ¹⁵	S ¹⁶	Cl ¹⁷	Ar ¹⁸
K ¹⁹	Ca ²⁰	Sc ²¹	Ti ²²	V ²³	Cr ²⁴	Mn ²⁵	Fe ²⁶	Co ²⁷	Ni ²⁸	Cu ²⁹	Zn ³⁰	Ga ³¹	Ge ³²	As ³³	Se ³⁴	Br ³⁵	Kr ³⁶
Rb ³⁷	Sr ³⁸	Y ³⁹	Zr ⁴⁰	Nb ⁴¹	Mo ⁴²	Tc ⁴³	Ru ⁴⁴	Rh ⁴⁵	Pd ⁴⁶	Ag ⁴⁷	Cd ⁴⁸	In ⁴⁹	Sn ⁵⁰	Sb ⁵¹	Te ⁵²	I ⁵³	Xe ⁵⁴
Cs ⁵⁵	Ba ⁵⁶	La ⁵⁷	Hf ⁷²	Ta ⁷³	W ⁷⁴	Re ⁷⁵	Os ⁷⁶	Ir ⁷⁷	Pt ⁷⁸	Au ⁷⁹	Hg ⁸⁰	Tl ⁸¹	Pb ⁸²	Bi ⁸³	Po ⁸⁴	At ⁸⁵	Rn ⁸⁶
Fr ⁸⁷	Ra ⁸⁸	Ac ⁸⁹	Unq ¹⁰⁴	Unp ¹⁰⁵	Unh ¹⁰⁶	Uns ¹⁰⁷	Uno ¹⁰⁸	Une ¹⁰⁹	Unn ¹¹⁰								

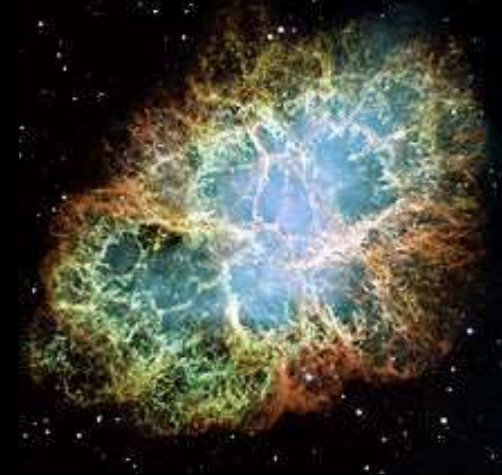
58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

As primeiras estrelas e a formação de metais (elementos mais pesados que H & He)



Supernova: restos ricos em metais

A blue arrow points from the star diagram down to the supernova remnant.



Evolução Estelar

Supernova

Tipo II

O
Mg
Ca
S



Nebulosa Planetaria



N
C

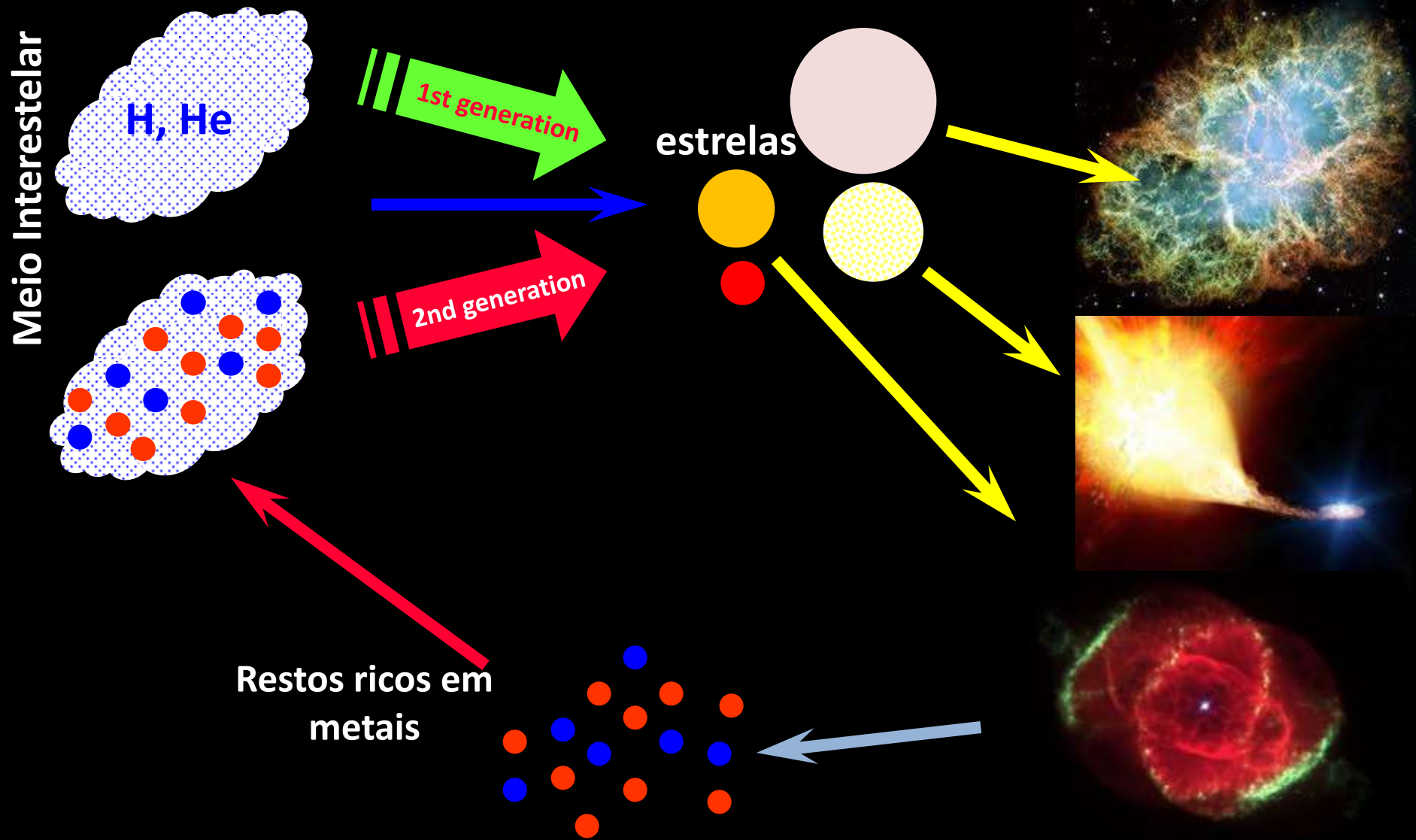
Fe



Supernova Tipo Ia

(artist's concept)

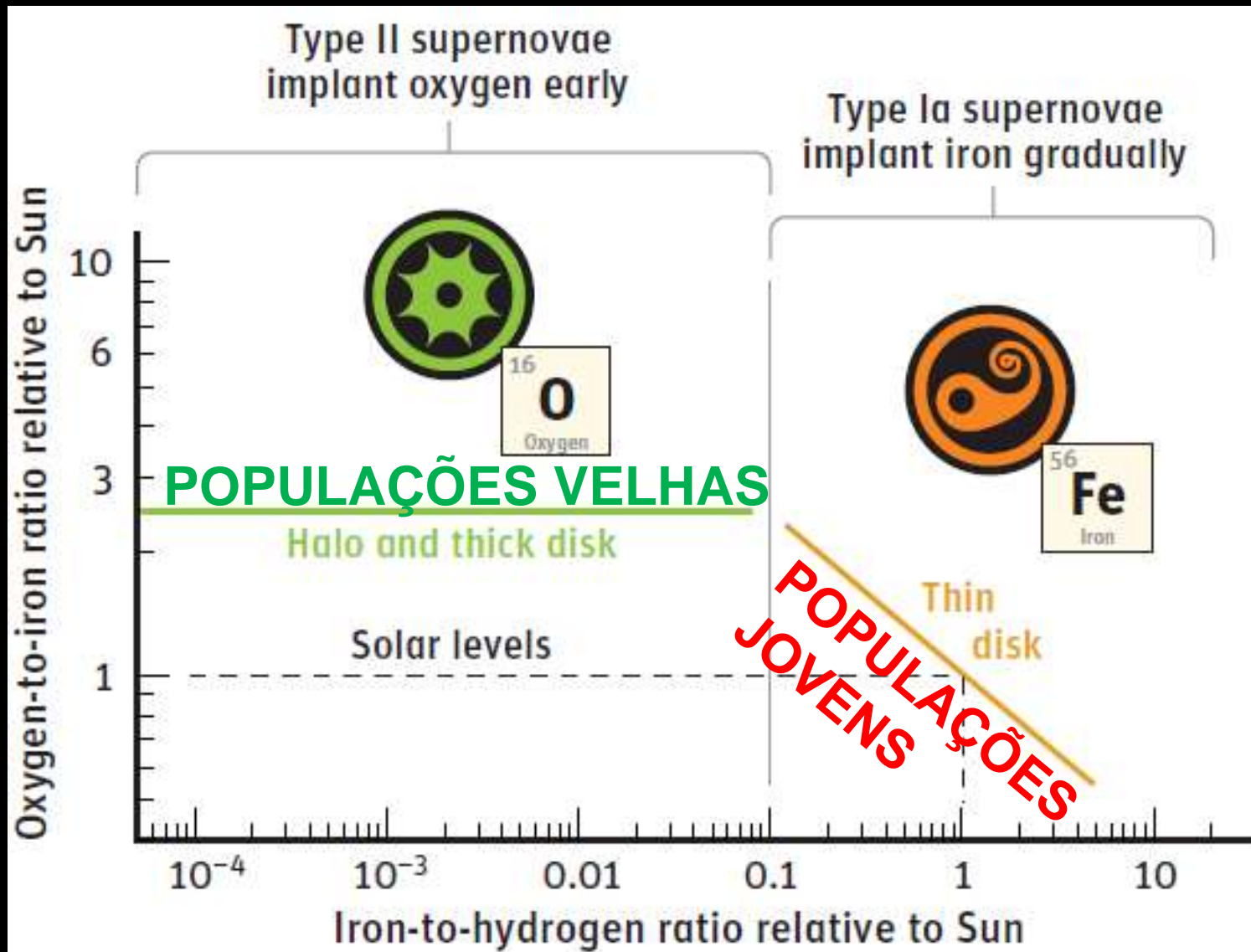
Evolução química da Galáxia



Após 12 bilhões de anos de *evolução química* em nossa Galáxia, as estrelas têm produzido soment **2%** de “**metais**”, sendo o resto (98%) H & He



Arqueologia Galáctica



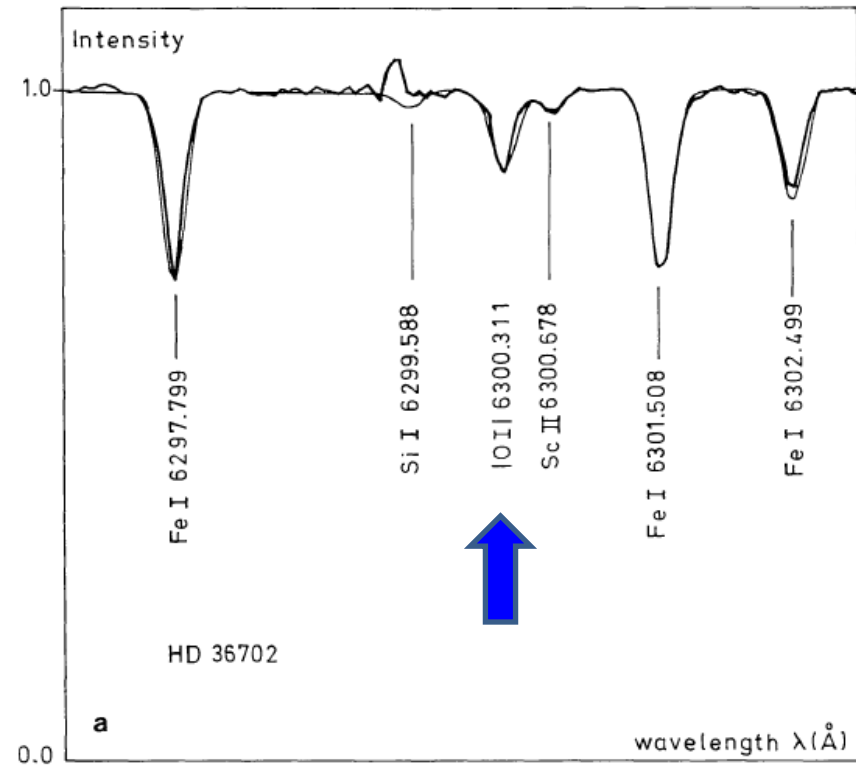
Arqueologia galáctica: composição química de estrelas pobres em metais

Oxygen in 20 halo giants ★

Profa. Beatriz Barbuy
(IAG/USP)

pioneira no Brasil no estudo da composição química de estrelas

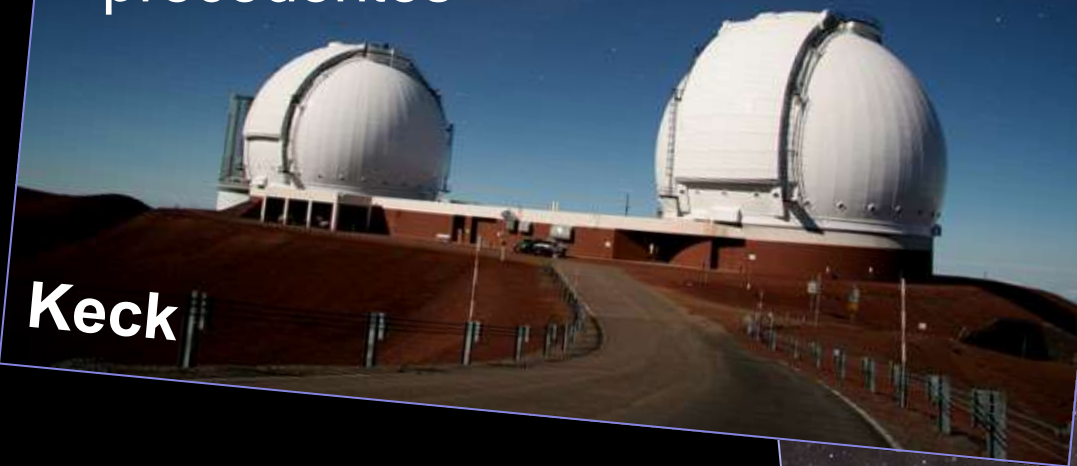
B. Barbuy ¹Astron. Astrophys. 191, 121–127 (1988)



Profa. Beatriz Barbuy recebendo o UNESCO and L'Oreal Awards for Women and Science

Composição química de alta precisão de estrelas pobres em metais @ IAG / USP

Espectros de alta resolução ($R = 100\,000$) e alto S/N (300-1000) disponíveis para fazer estudo de precisão sem precedentes



Keck

Vários projetos pelo Prof. Jorge Meléndez



Planetas ao redor de outras estrelas

Efeito gravitacional de Júpiter no Sol

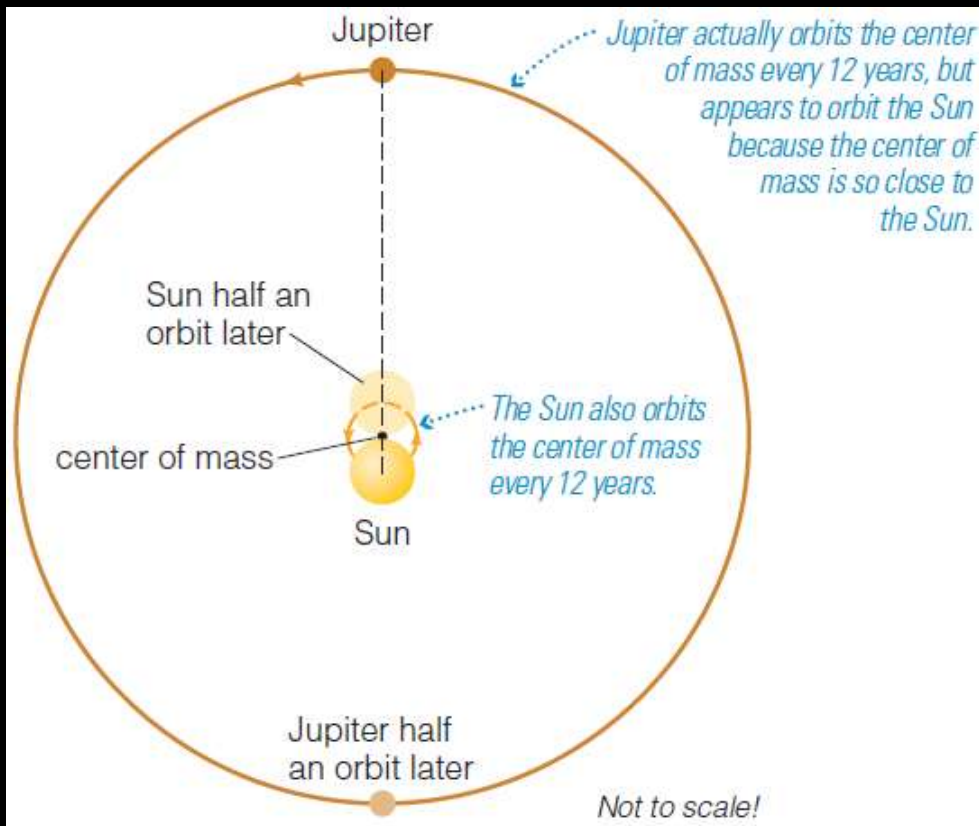


Figure 6.26

This diagram shows how both the Sun and Jupiter actually orbit around their mutual center of mass, which lies very close to the Sun. The diagram is not to scale; the sizes of the Sun and its orbit are exaggerated about 100 times compared to the size shown for Jupiter's orbit, and Jupiter's size is exaggerated even more.

Orbita do Sol (efeito de Júpiter e Sat)

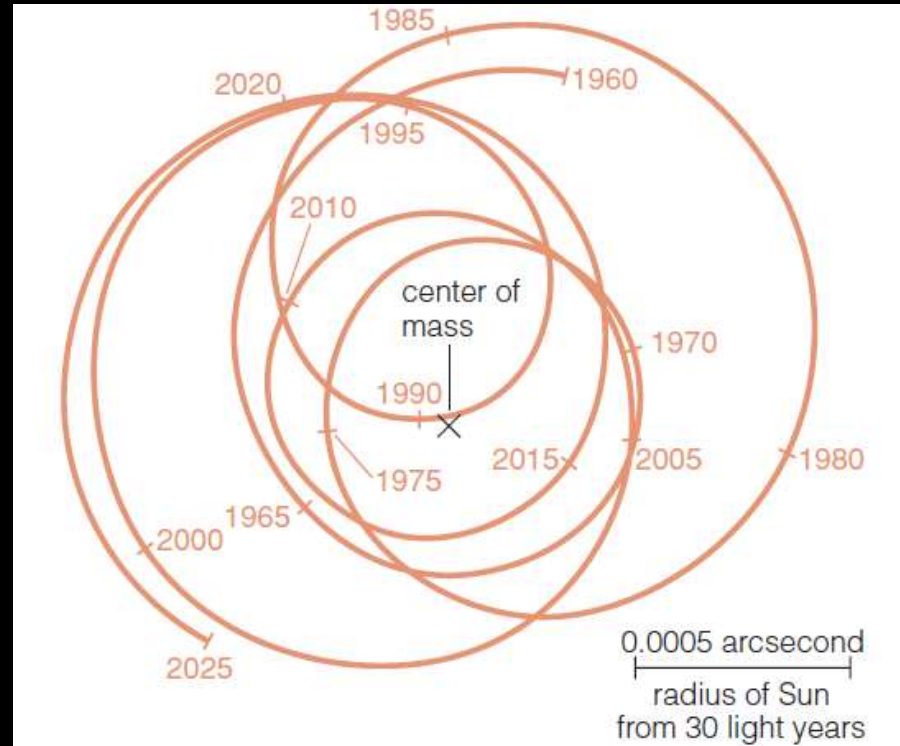
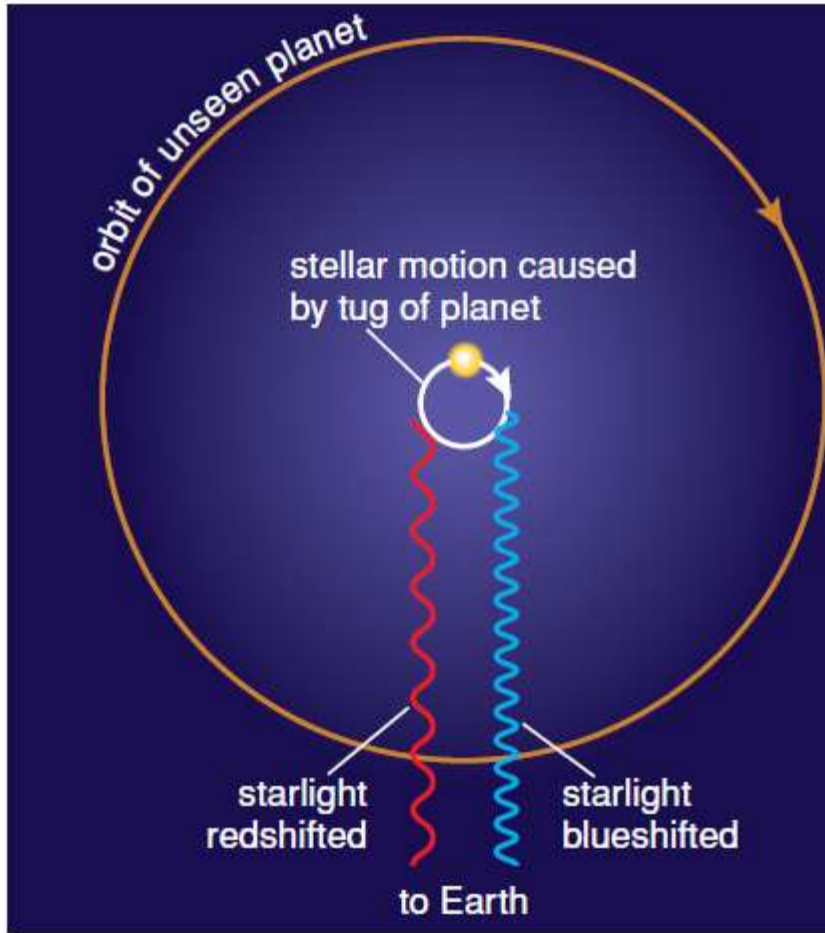


Figure 6.27

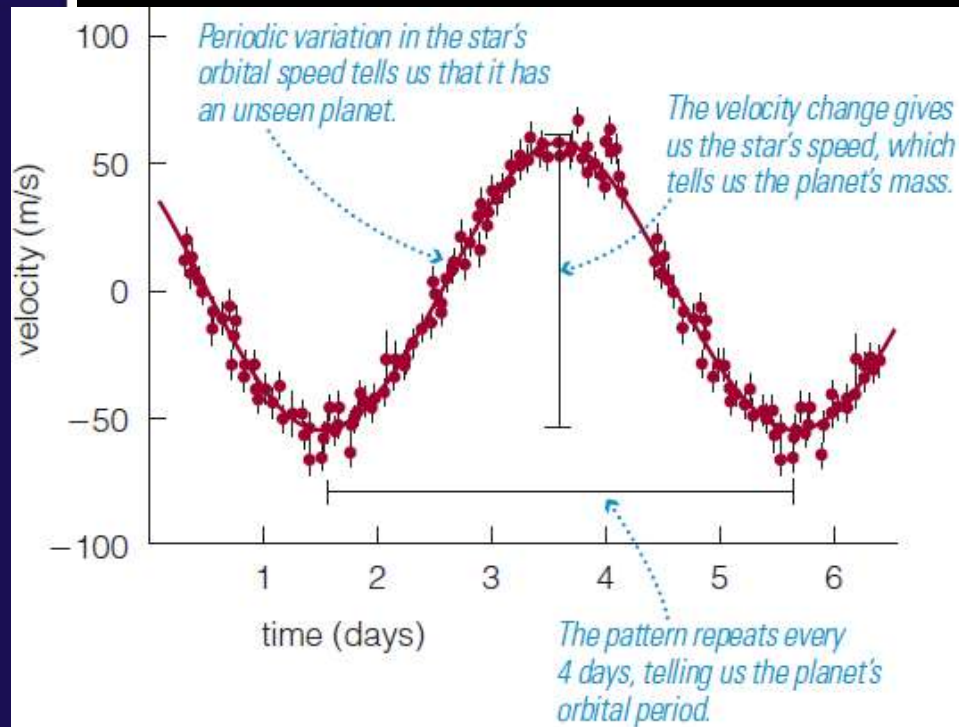
This diagram shows the orbital path of the Sun from 1960 to 2025 around the center of mass of our solar system, as it would appear if viewed face-on from a distance of 30 light-years away. The complex motion reveals the gravitational effects of the planets (primarily Jupiter and Saturn). The *astrometric technique* for detecting extrasolar planets works by looking for similar changes in the position of other stars. Notice that the entire range of motion during this period is only about 0.0015 arcsecond, which is almost 100 times smaller than the angular resolution of the Hubble Space Telescope.

Planetas ao redor de outras estrelas

Deteção de planetas pelo método espectroscópico (Doppler)

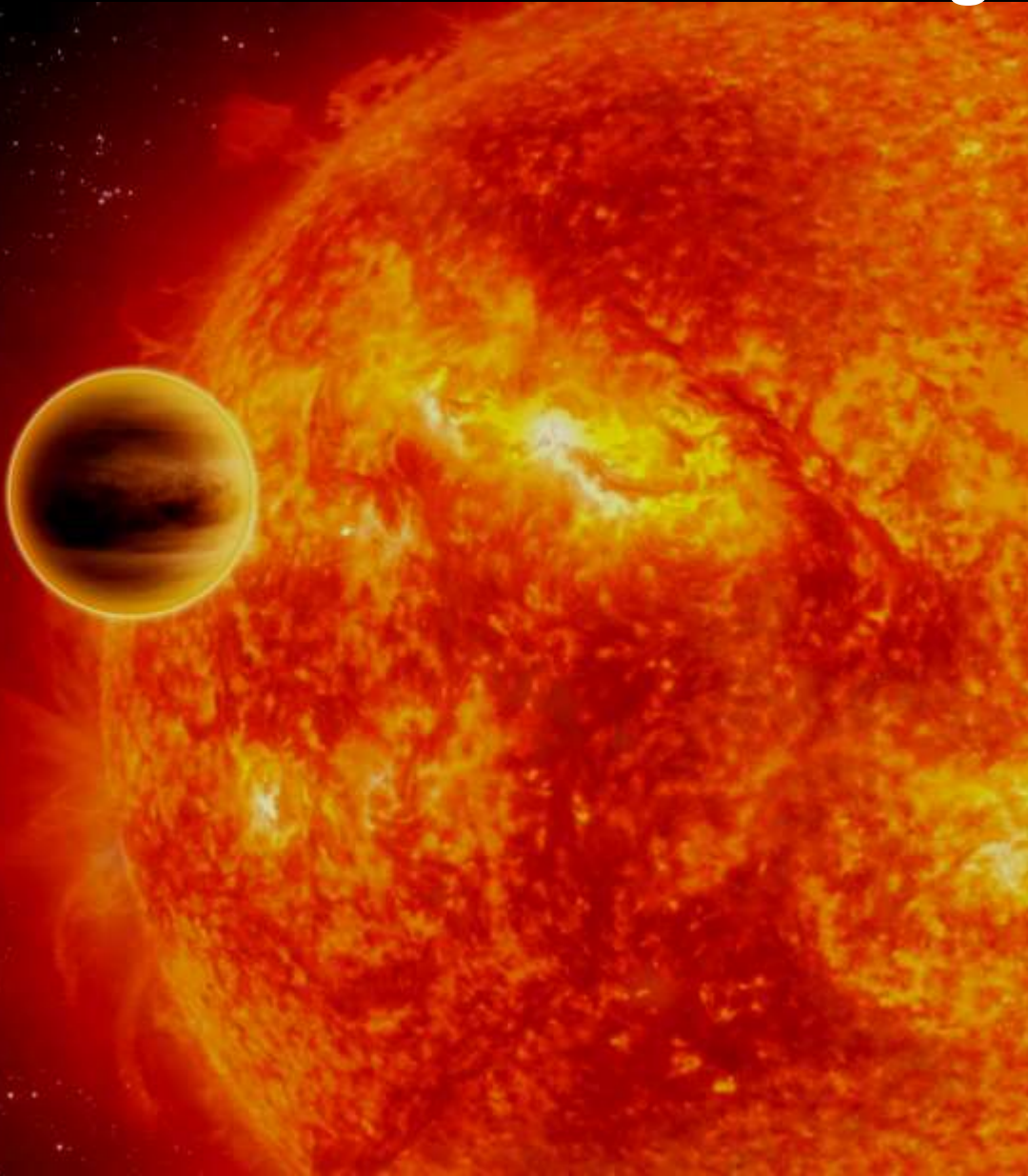


a Doppler shifts allow us to detect the slight motion of a star caused by an orbiting planet.




b A periodic Doppler shift in the spectrum of the star 51 Pegasi shows the presence of a large planet with an orbital period of about 4 days. Dots are actual data points; bars through dots represent measurement uncertainty.

Mais de 600 sistemas planetários
conhecidos até agora



Porem a maioria
não se parece com
o nosso sistema
solar

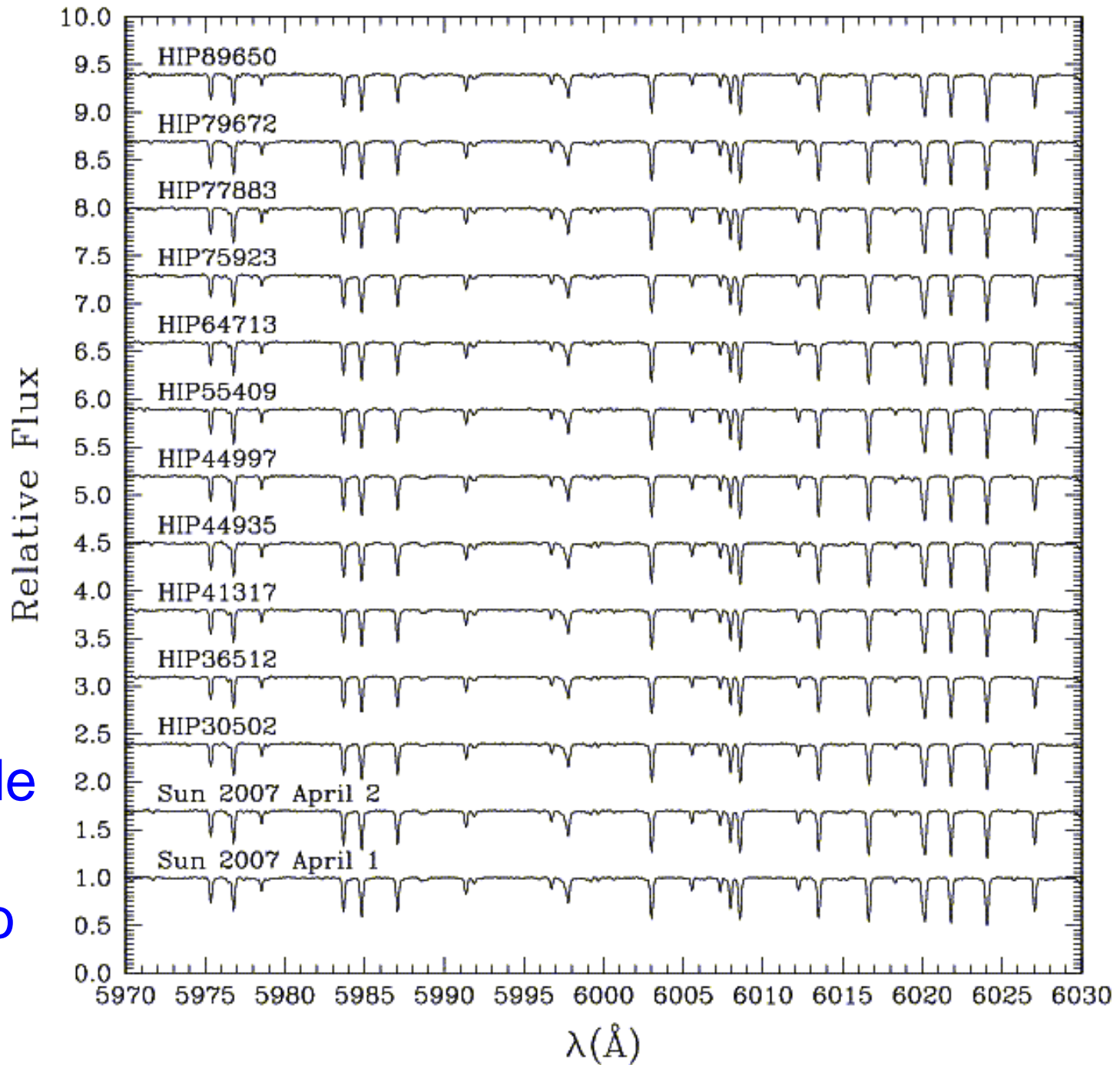
A photograph of a sunset over the ocean. The sun is low on the horizon, creating a bright orange glow and a shimmering reflection on the water. The sky is a mix of orange and yellow, and the ocean is dark blue with white-capped waves. In the background, there are dark silhouettes of mountains or hills. The text is overlaid in a bold, yellow font.

**Estrelas gêmeas do Sol
podem nos ajudar a
descobrir sistemas
planetários como o
nosso**

Sunset in Paracas, Peru

(c) www.flickr.com/photos/rodrigocampos/

Espectros de
gêmeas
solares e do
Sol



Abundancias no Sol - <gêmeas>
vs. número atômico Z

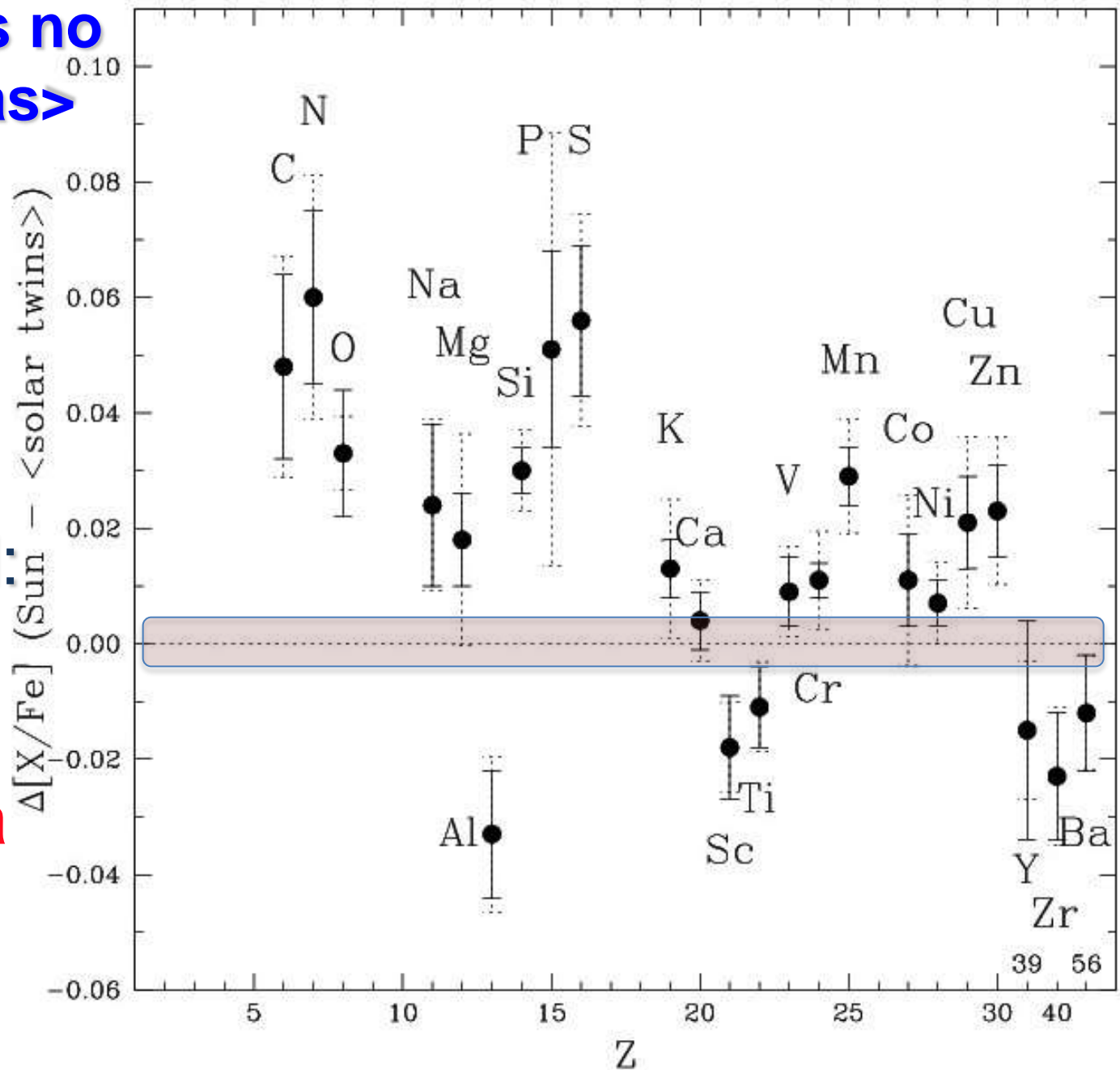
Sol típico:

$$\Delta = 0$$

Sol anormal:

$$\Delta \neq 0$$

O Sol é uma estrela anomala



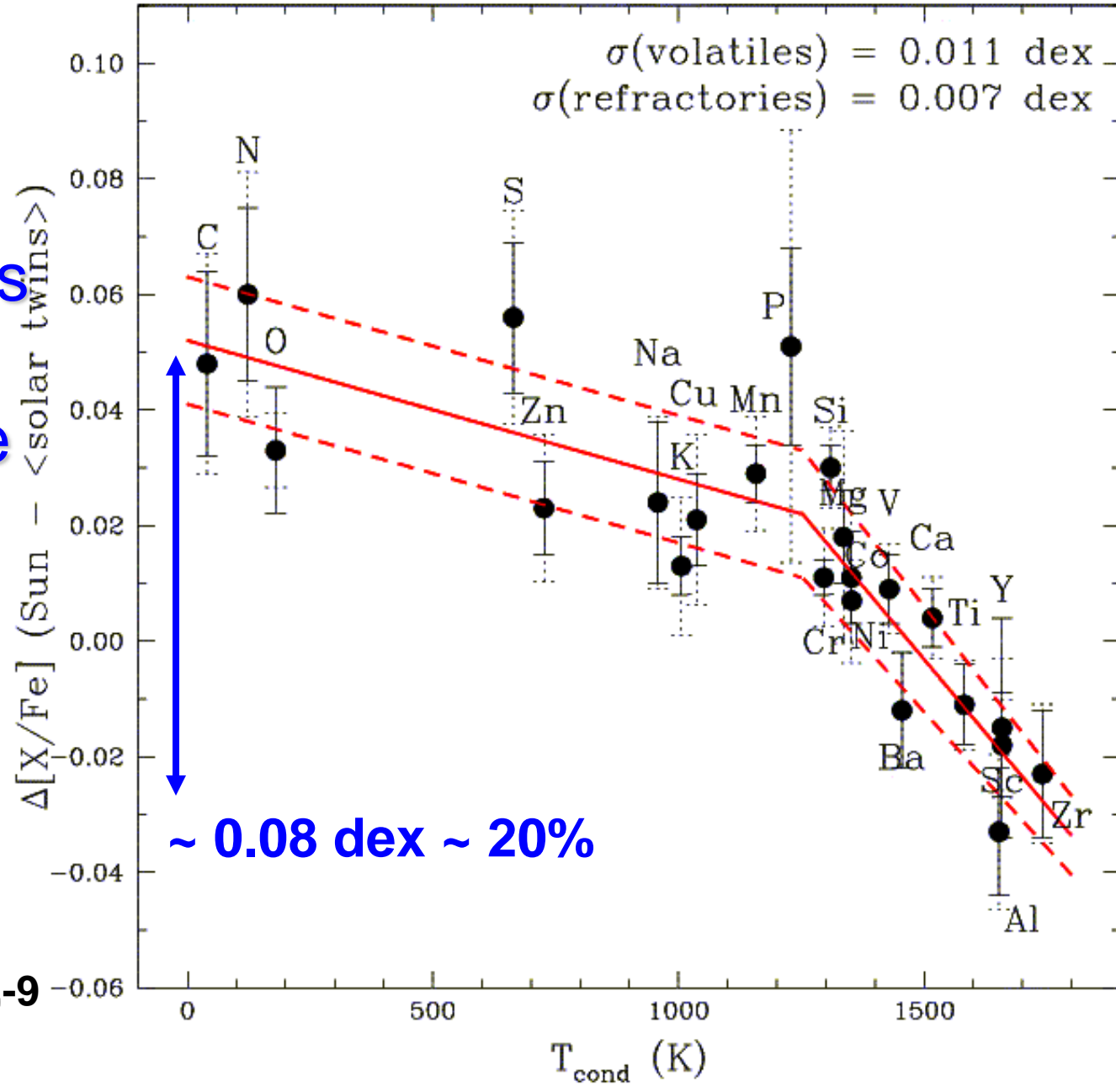
Será que as anomalias na composição química do Sol estão relacionadas à formação de nosso sistema planetário?



Anomalias no Sol são fortemente correlacionadas com a temperatura de condensação (T_{cond}) dos elementos!

Correlação é altamente significativa

probabilidade $\sim 10^{-9}$ de acontecer por acaso

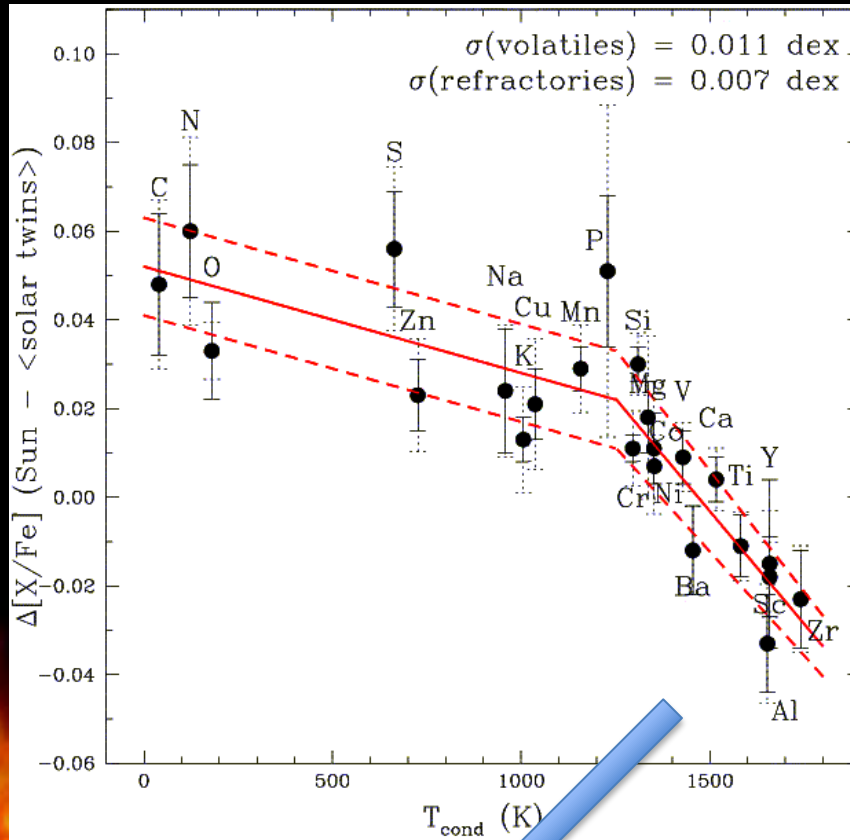


Meléndez et al. 2009

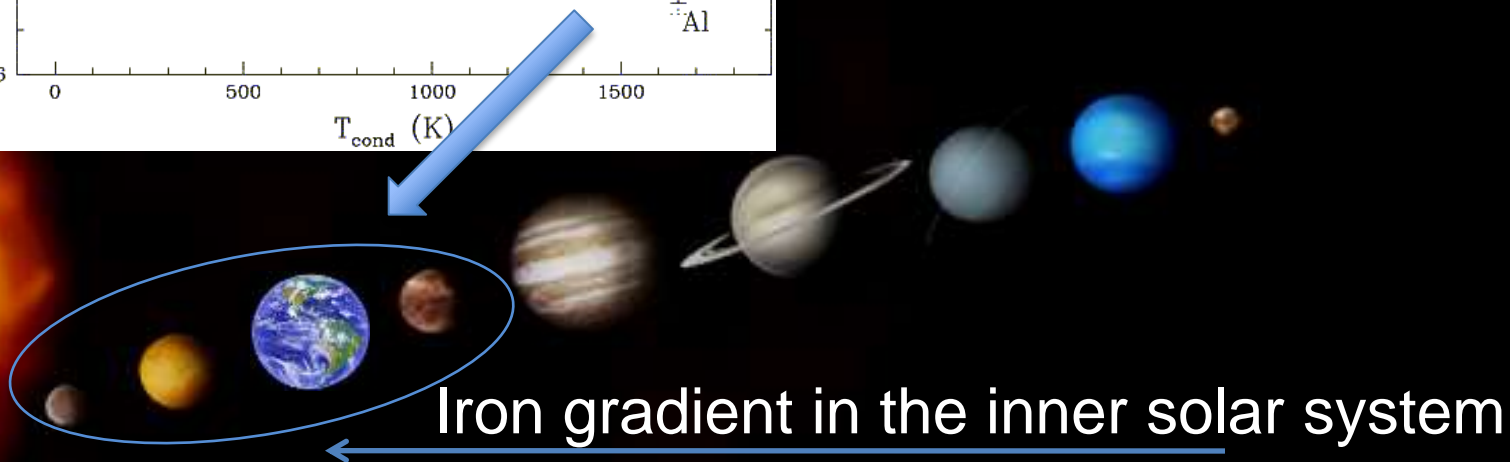
Somente os elementos refractários (e.g. Fe, Al, Sc) podem ter se condensado no sistema solar interno, formando poeira, planetesimais e finalmente planetas rochosos



As camadas externas do Sol acretaram material deficiente em refractarios



O Sol é deficiente em refratarios porque esses elementos foram usados para formar os planetas terrestres!



Iron gradient in the inner solar system

Gêmeas solares @ IAG/USP

(Prof. Meléndez)

Elementos biogênicos:

*C, O, N, P, S (tijolos fundamentais para a vida),
usando dados VLT/CRIFRES*

IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA
5 B	6 C	7 N	8 O	9 F
10.81	12.01	14.01	16.00	19.00
13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl
26.98	28.09	30.97	32.07	35.45
31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br
69.72	72.61	74.92	78.96	79.90



Composição química de humanos



Procura de planetas ao redor de gêmeas solares: 88 noites no HARPS/ESO

FOLHA.com

29 DE SETEMBRO DE 2011 - 02:34 SP
VEJA O TEMPO EM MAIS CIDADES 14°C

NOTÍCIAS PODER MUNDO MERCADO COTIDIANO ESPORTE ILUSTRADA F5 CIÊNCIA TEC FOLHA D

AMBIENTE BICHOS BLOGS CELEBRIDADES COLUNISTAS COMIDA EQUILÍBRIO E SAÚDE FOLHATEEN FOLHINHA

HORÓSCOPO TRÂNSITO FOLHAINVEST INDICADORES GUIA E-MAIL FOLHA ASSINANTES ERRAMOS TV F

EM CIMA DA HORA PUBLICIDADE: Bluetec5. Conheça a nova tecnologia Mercedes-Benz para motores de ônibus

ciência

AA Maior | Menor Enviar por e-mail Comunicar erros Link <http://folha.com/no95E>

15/08/2011 - 09h02

Brasil participará de monitoramento de planetas 'gêmeos' da Terra

SALVADOR NOGUEIRA
COLABORAÇÃO PARA A FOLHA

Recomendar 114 +1 5

Atualizado às 14h15.

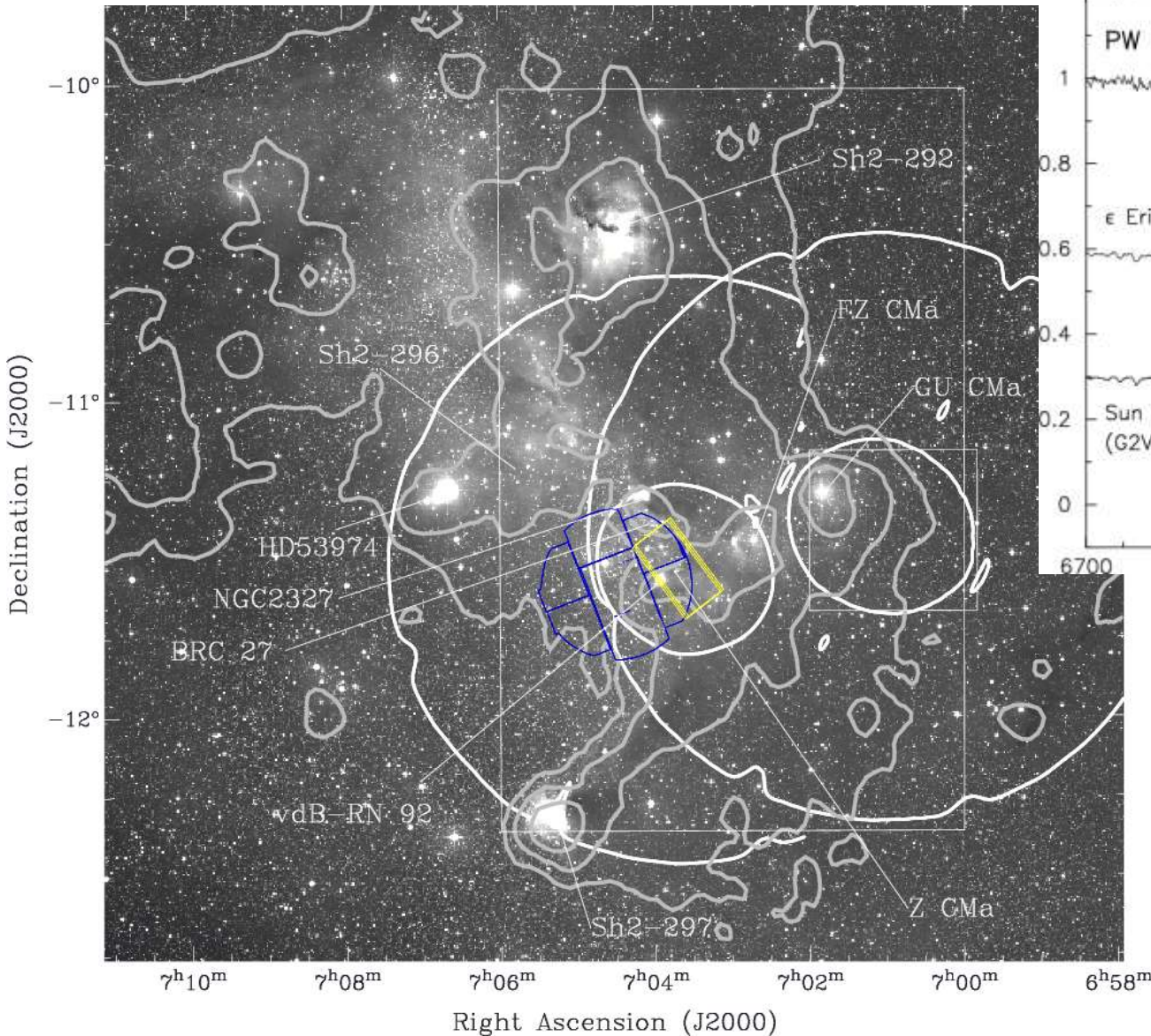
Um grupo liderado por um astrônomo do Brasil pode desvendar o que leva certas estrelas, como o Sol, a abrigar planetas como o nosso, rochosos e pequenos. De quebra, trata-se da primeira grande investida brasileira na busca por mundos extrassolares com telescópios em solo.

Help
most
welcome

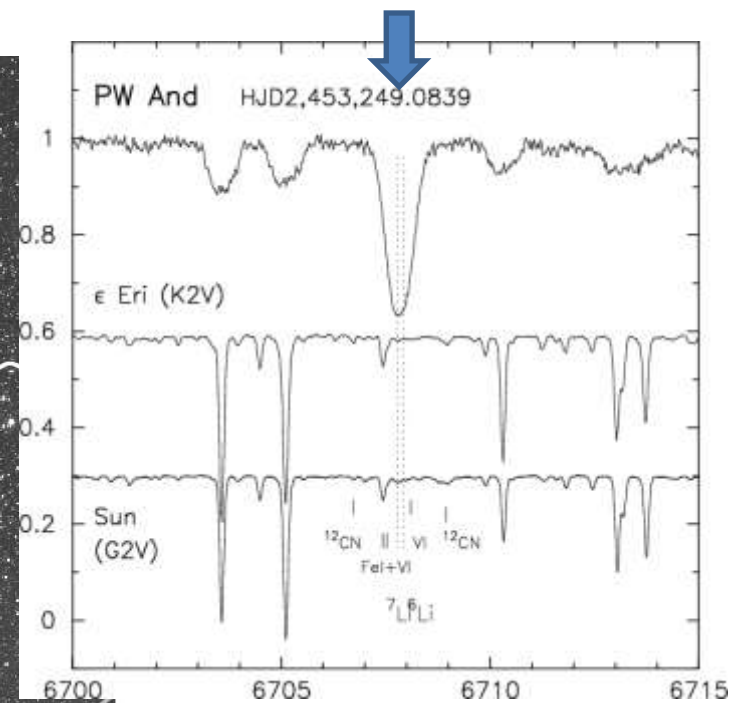
O estudo se viabilizou graças ao acesso recém-obtido pelo Brasil às instalações do ESO (Observatório Europeu do Sul). O governo assinou no fim do ano passado o acordo que torna o país o mais novo membro do consórcio. Embora o acerto ainda careça de aprovação do Congresso para entrar em vigor, o ESO já trata o Brasil como parceiro, concedendo o direito de solicitar tempo de observação nos telescópios da organização.

Foi por conta disso que a equipe de **Jorge Meléndez**, peruano que trabalha no IAG (Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas) da USP, conseguiu aprovação num projeto que pode finalmente revelar alguns dos segredos mais bem guardados sobre os exoplanetas.

Estrelas jovens



Lítio em estrela jovem

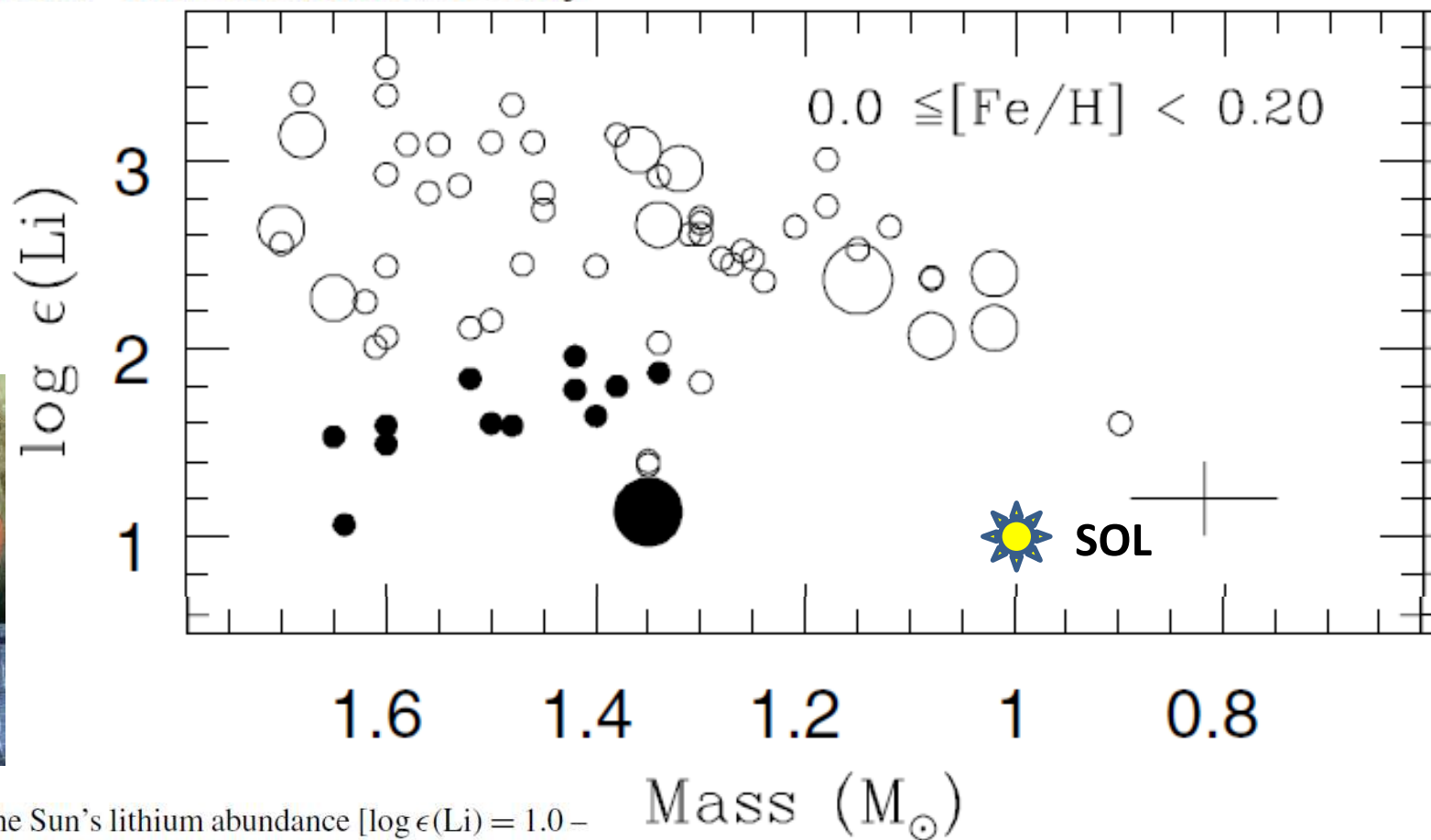


CMa R1 star-forming region

Profa. Jane Gregorio-Hetem

Lithium abundances of the local thin disc stars

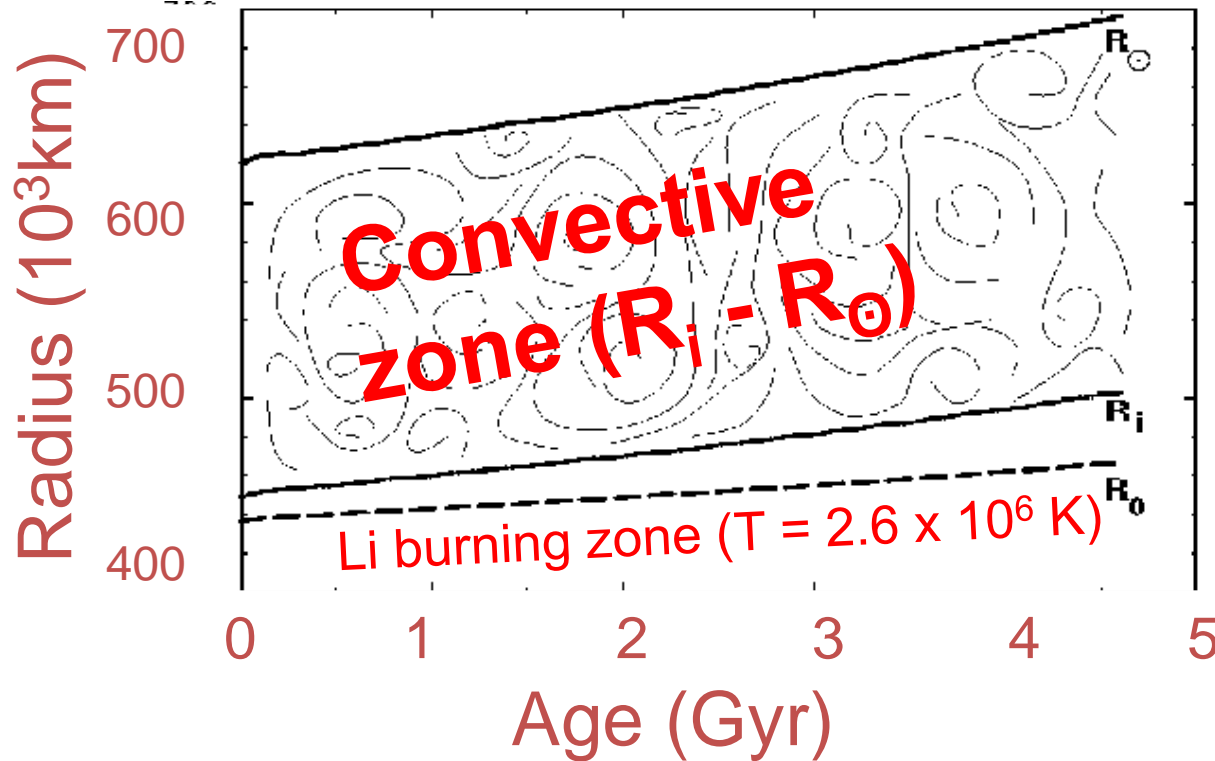
David L. Lambert¹ and Bacham E. Reddy^{1,2}★



A curiosity is that the Sun's lithium abundance [$\log \epsilon(\text{Li}) = 1.0$ – Müller, Peytremann & de la Reza 1975] appears to fall by more than 1 dex below the trend defined by the field stars (see Fig. 3). If placed among NGC 188's stars, the Sun would be deemed very Li-poor. Among M67's stars, the Sun would be one of the most Li-poor stars. This hints that the Sun may be 'peculiar' as regards the depletion of lithium, which weakens its value as a calibrator for prescriptions of non-standard modes of lithium astration.

Estudaram 450 anãs de tipo F e G em diferentes faixas de massa e metalicidade

Problema da baixa abundância de lítio no Sol



Astrophys Space Sci (2010) 328: 193–200

The solar, exoplanet and cosmological lithium problems

J. Meléndez · I. Ramírez · L. Casagrande · M. Asplund ·

B. Gustafsson · D. Yong · J.D. do Nascimento Jr. ·

M. Castro · M. Bazot

A&A 519, A87 (2010)

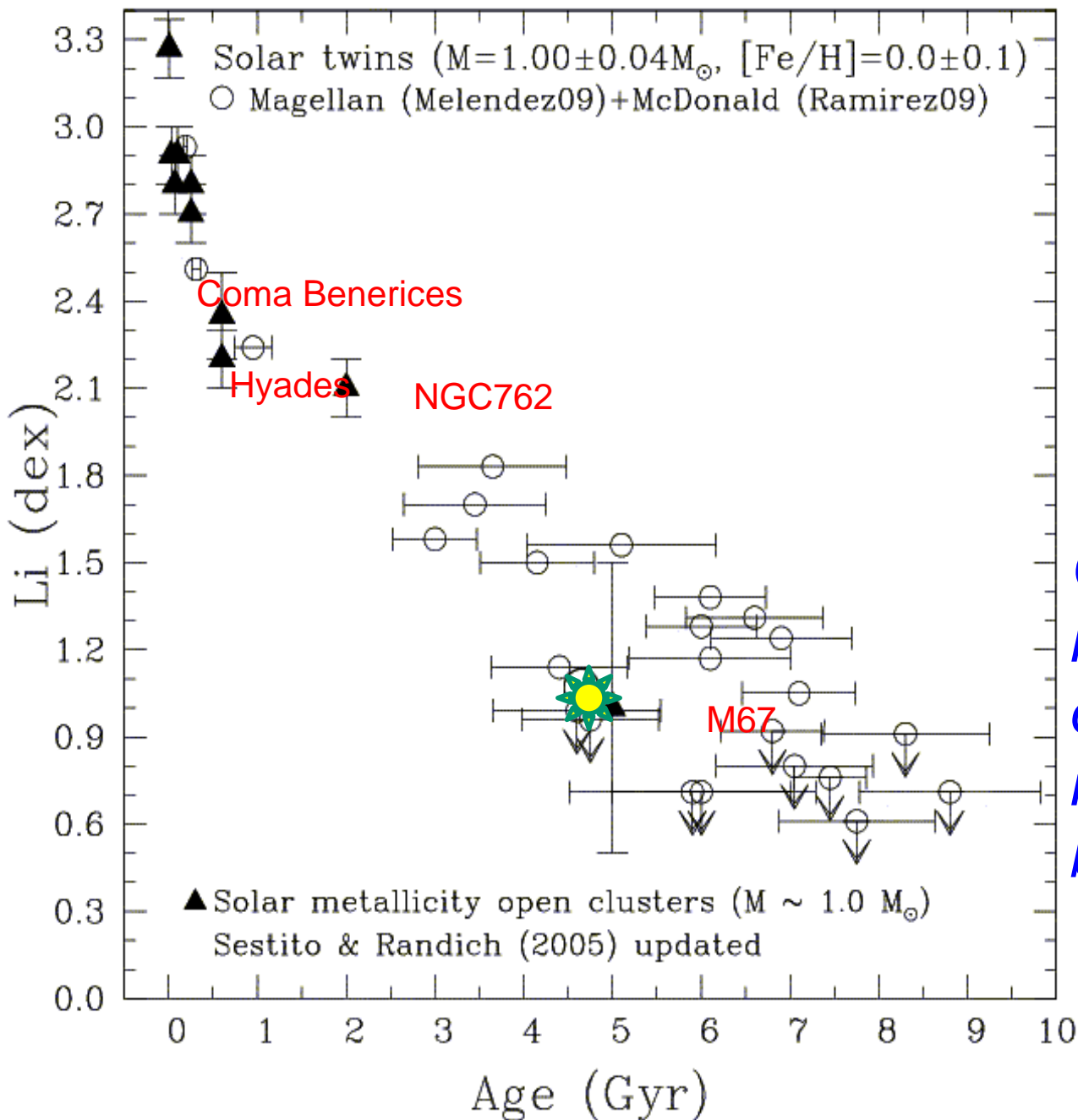
Lithium depletion in solar-like stars: no planet connection

P. Baumann¹, I. Ramírez¹, J. Meléndez², M. Asplund¹, and K. Lind³

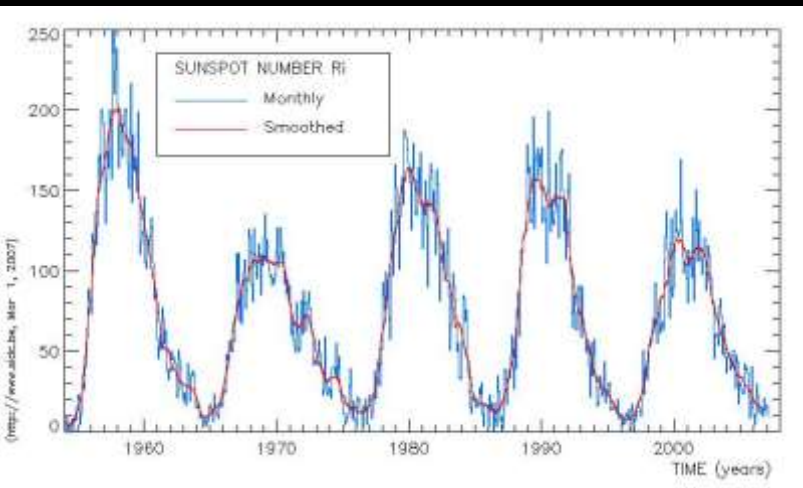
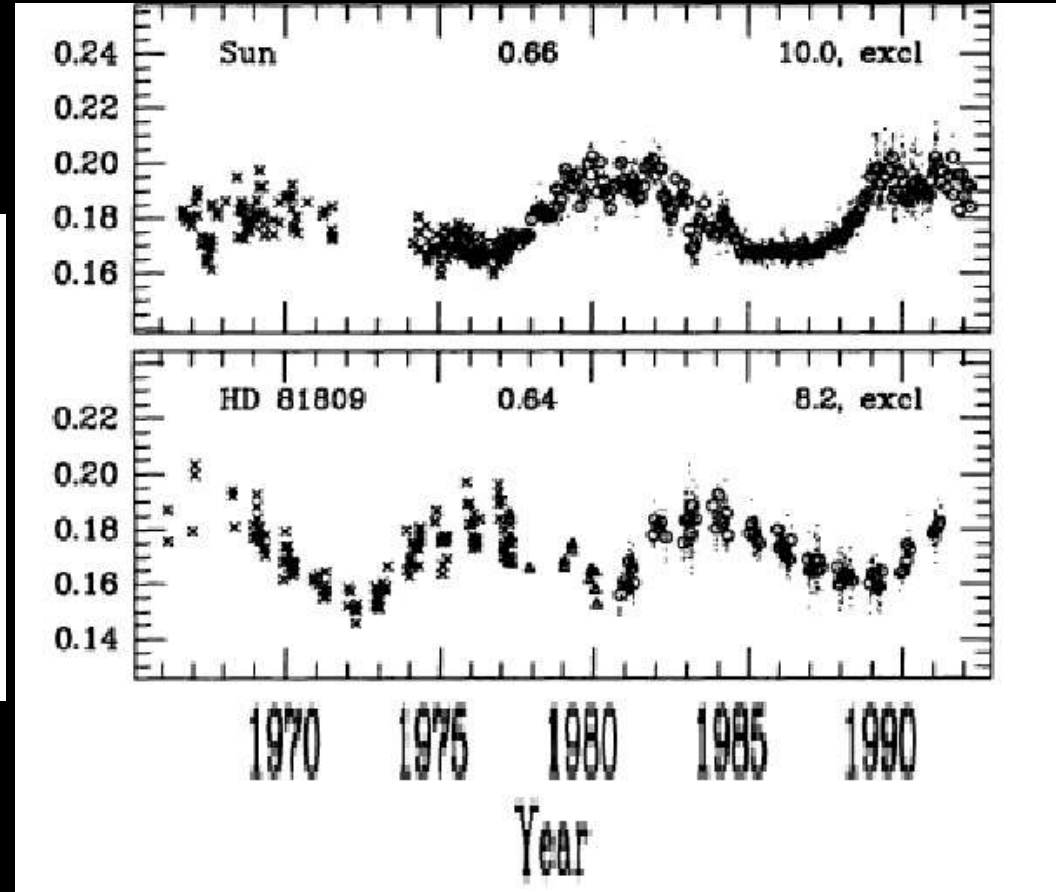
Gêmeas solares em aglomerados abertos e estrelas do campo

O Sol é normal em lítio se comparado a outras estrelas de 1 massa solar a 4.6 bilhões de anos

(Melendez et al. 2010; Baumann et al. 2010)

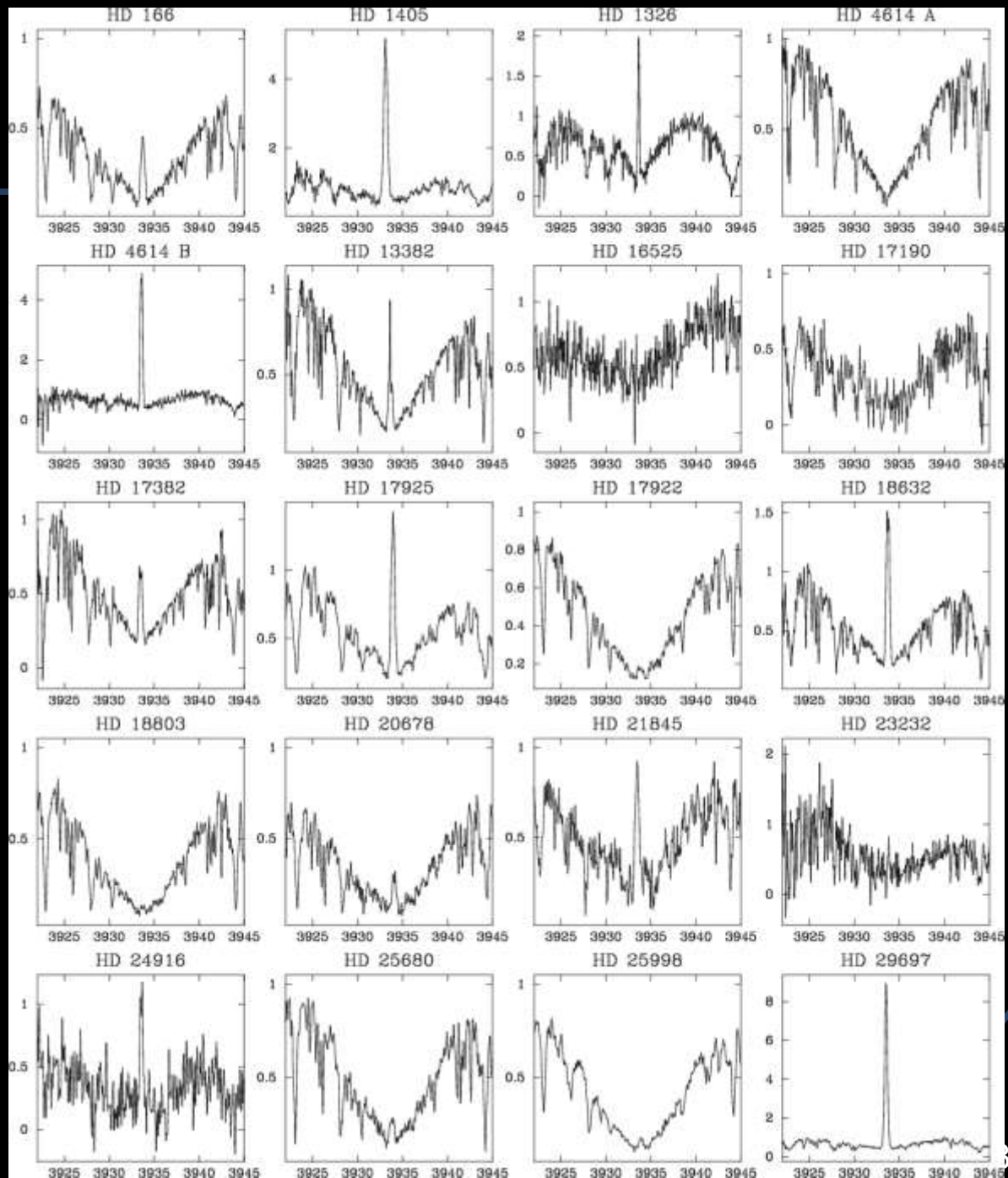
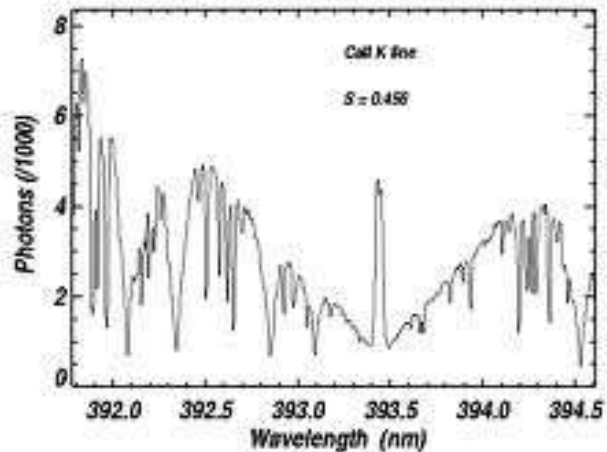


Atividade estelar



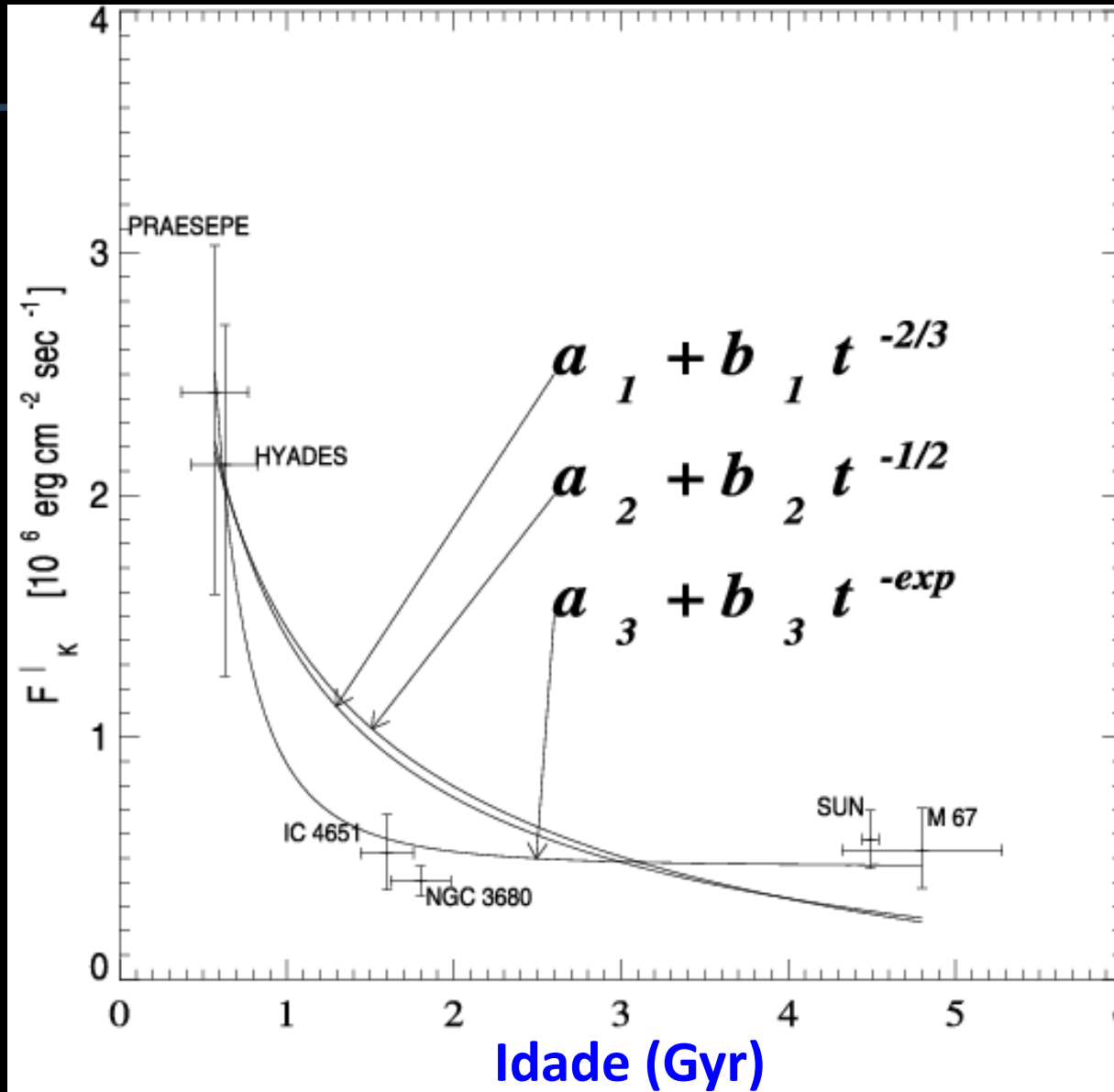
Atividade estelar (linhas de Ca II lines: H & K)

HD 192263: CaII K-line Chromospheric Emission

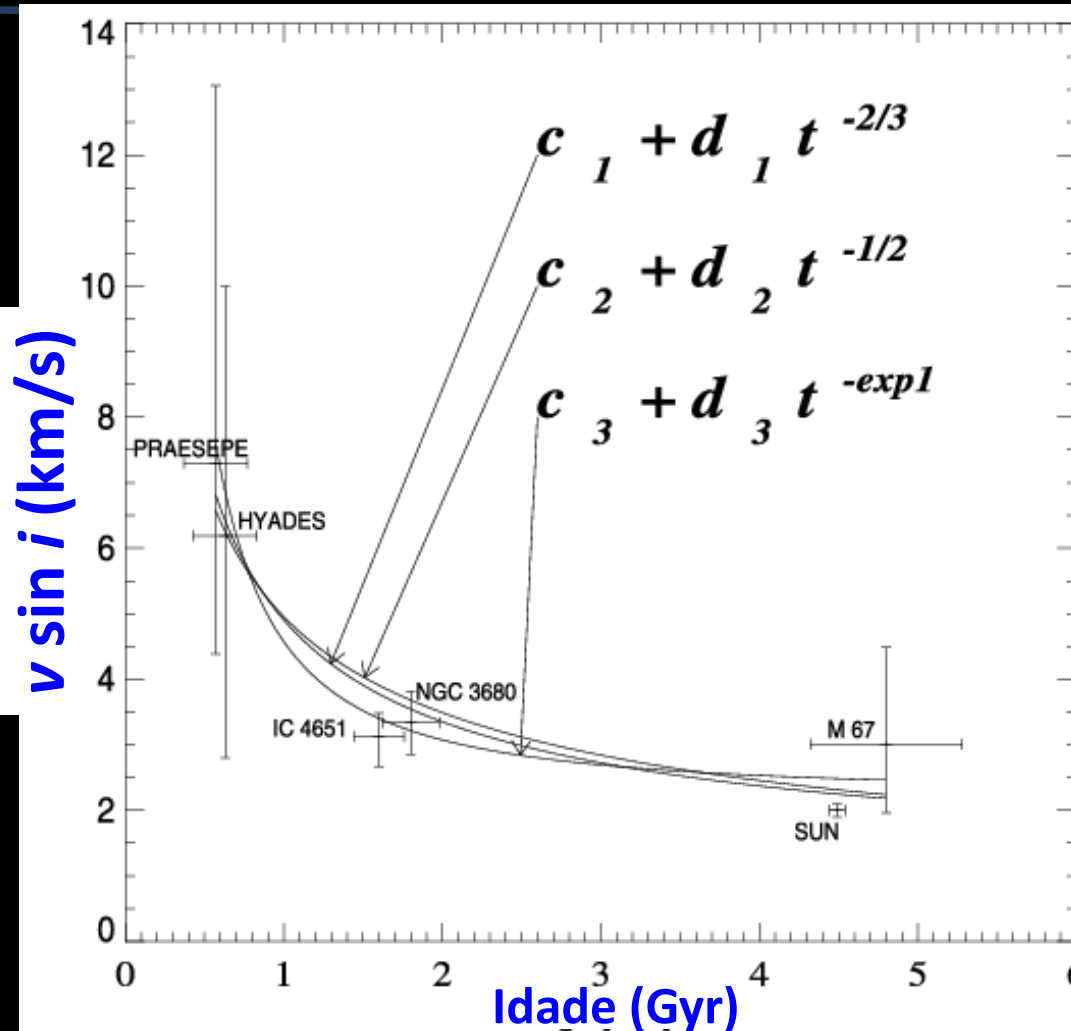


Conexão entre atividade estelar e idade

Excesso do Fluxo na linha K de CaII devido à atividade estelar



Conexão entre velocidade de rotação e idade



O futuro : estudos detalhados de diversos tipos de estrelas, em particular de anãs M

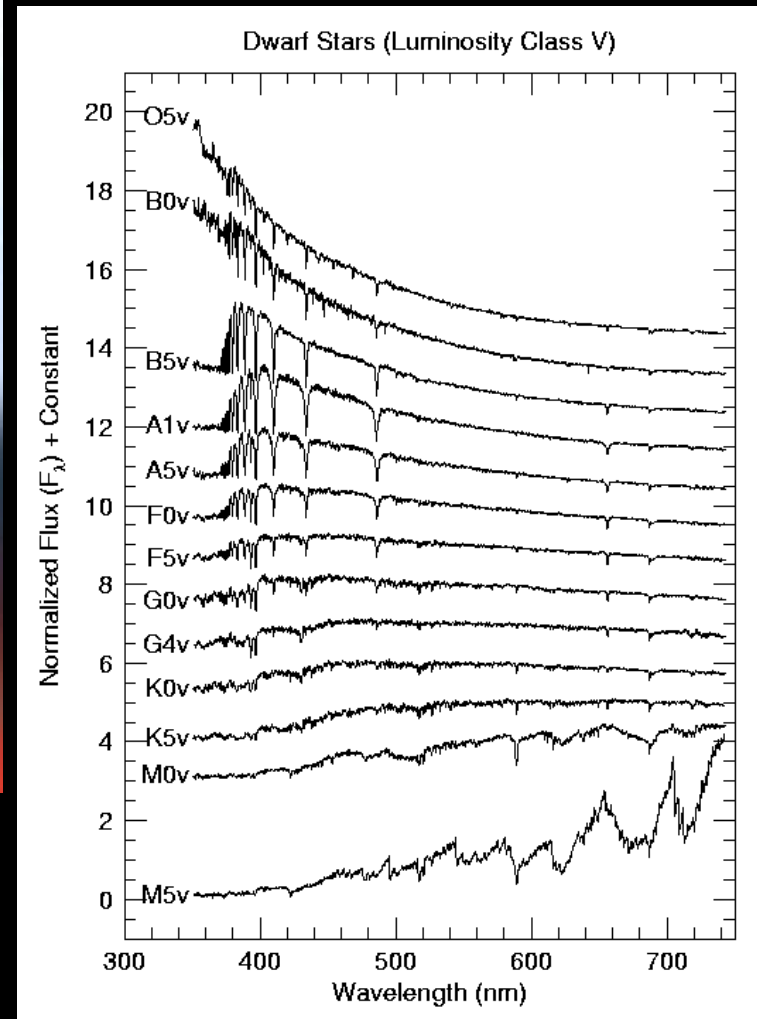
A comparison of star sizes

Red Dwarf
Lower limit:
0.08 solar
masses

Our Sun
1 solar mass

Blue-white
Supergiant
150 solar masses

Red Giant
Very old stars that
evolve from stars of
<5 solar masses



O futuro : astrofísica de estrelas em outras galáxias

