



UFMG

Vida e morte das estrelas, a  
origem cósmica dos  
elementos químicos

Introdução ao curso de  
Astronomia Geral (FIS004)

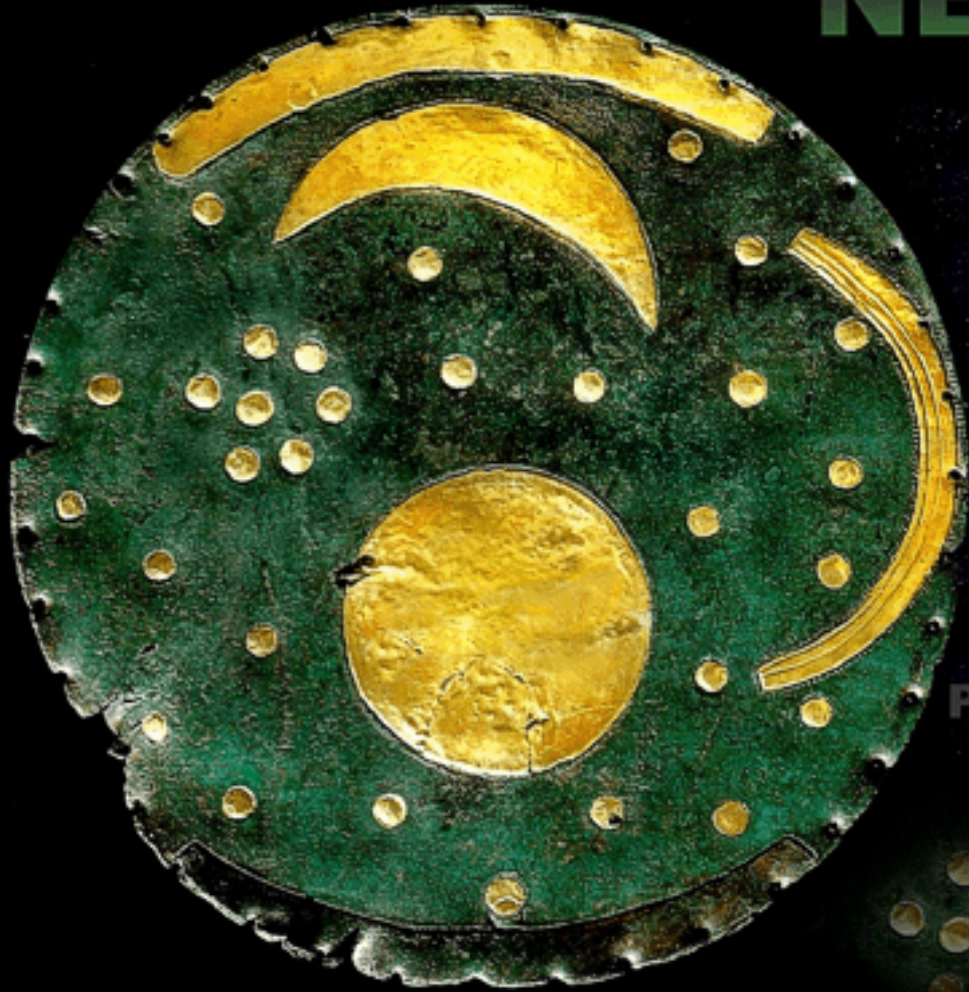
Prof. Gustavo A. Guerrero  
guerrero@fisica.ufmg.br

*Departamento de Física (UFMG)*

*Sala: 4120*

# Ethno-Astronomia

## NEBRA



CRESCENT WORLD

ORION

SUN STAR

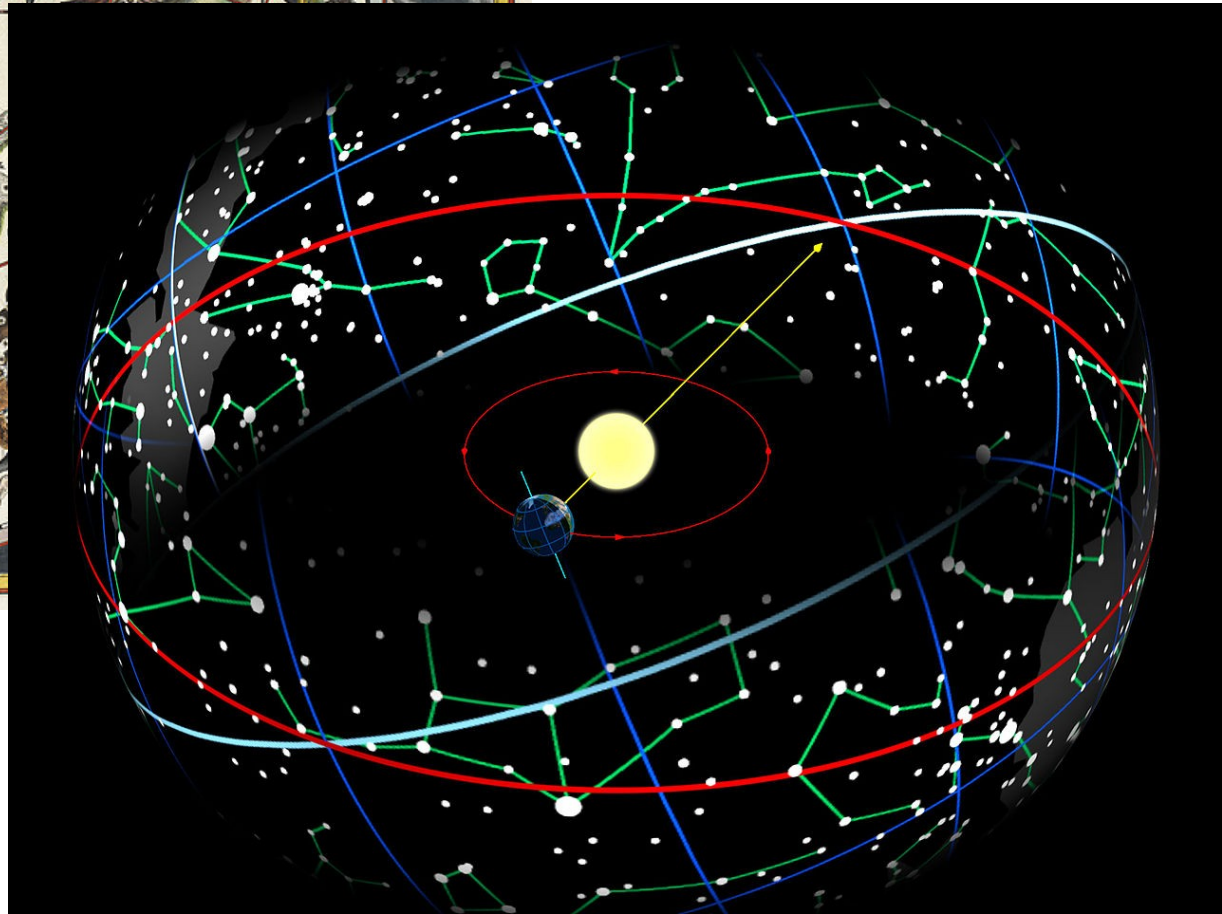
PLEIADES

MILKY WAY

ORION'S BELT

INTERPRETATION OF NEBRA DISC WAYNE HERSCHEL











*“Science is only a way of knowing, and its purpose is not to generate absolute truths but rather to inspire better and better ways of thinking about phenomena”*

Wade Davis  
(The wayfinders: why ancient wisdom matter)



## A ciência se baseia no **método científico**

**Tudo em ciência têm a ver com modelos**; olhamos a natureza, a vida real, e tentamos fazer um modelo dela. Usamos esses modelos para prever futuros eventos na vida real. Se esse modelo não bate com as observações, trocamos de modelo. Repetimos infinitamente.



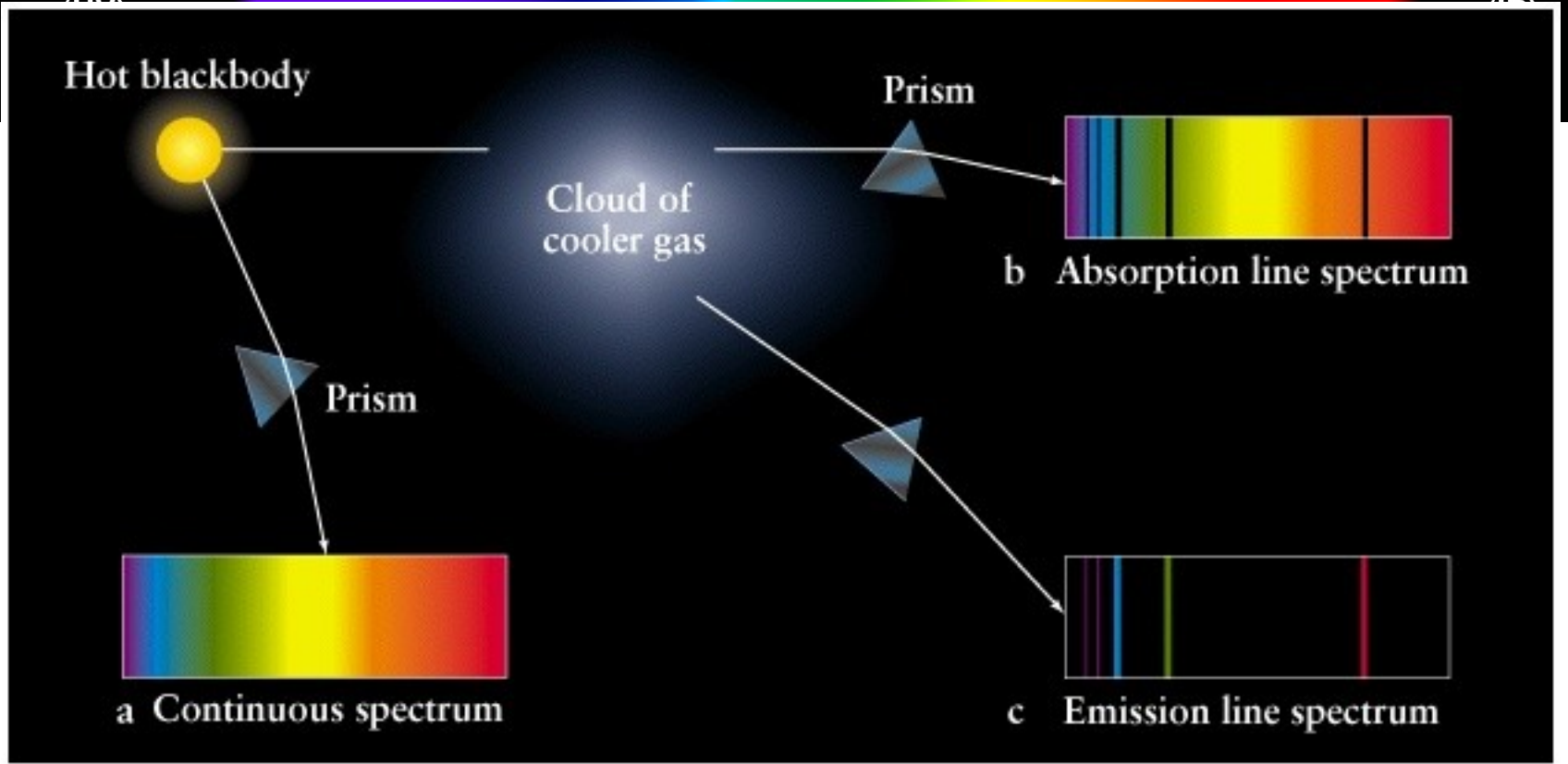
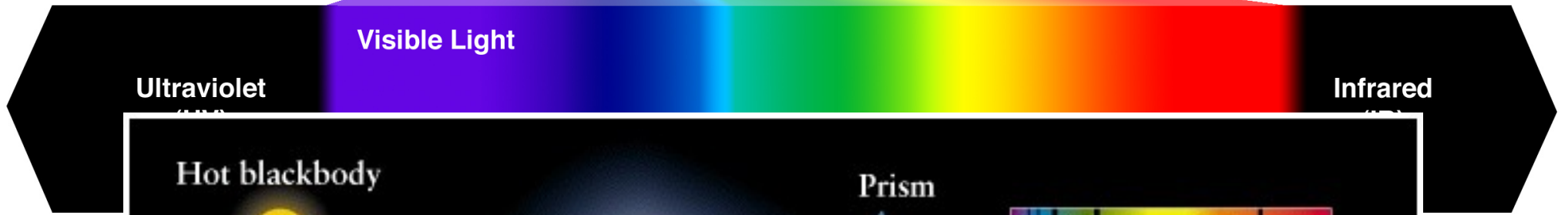
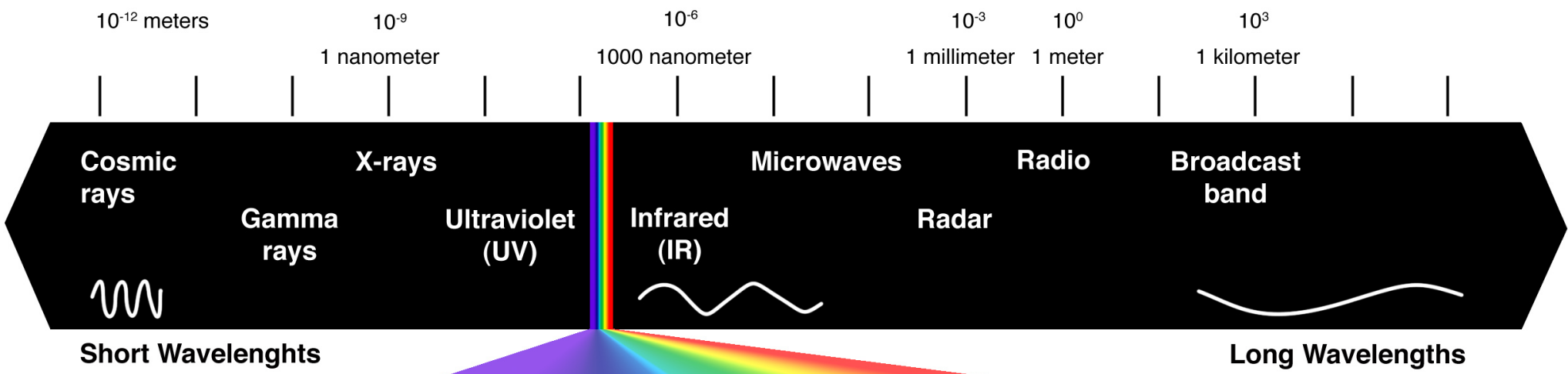
# Estudo da luz







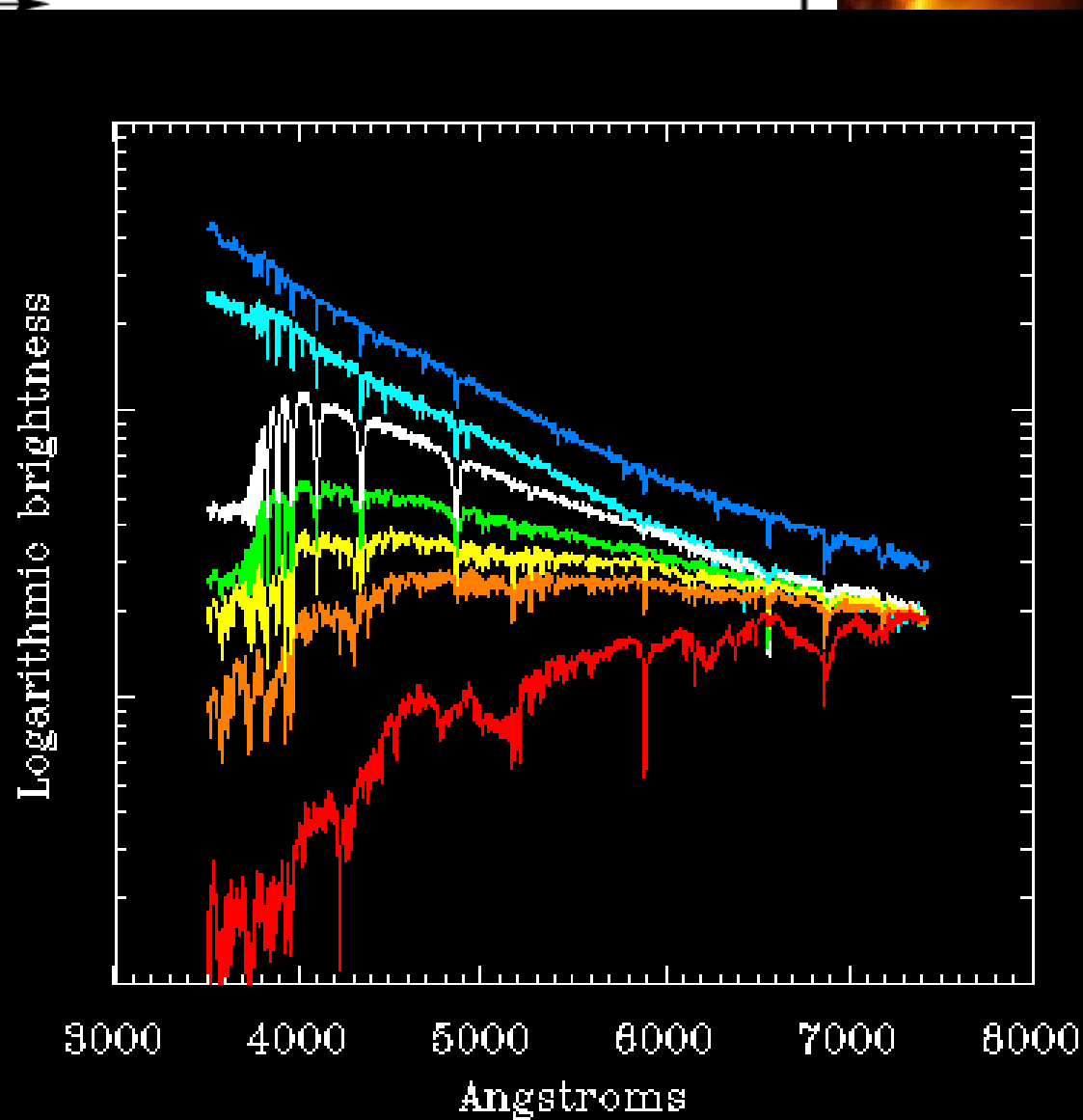
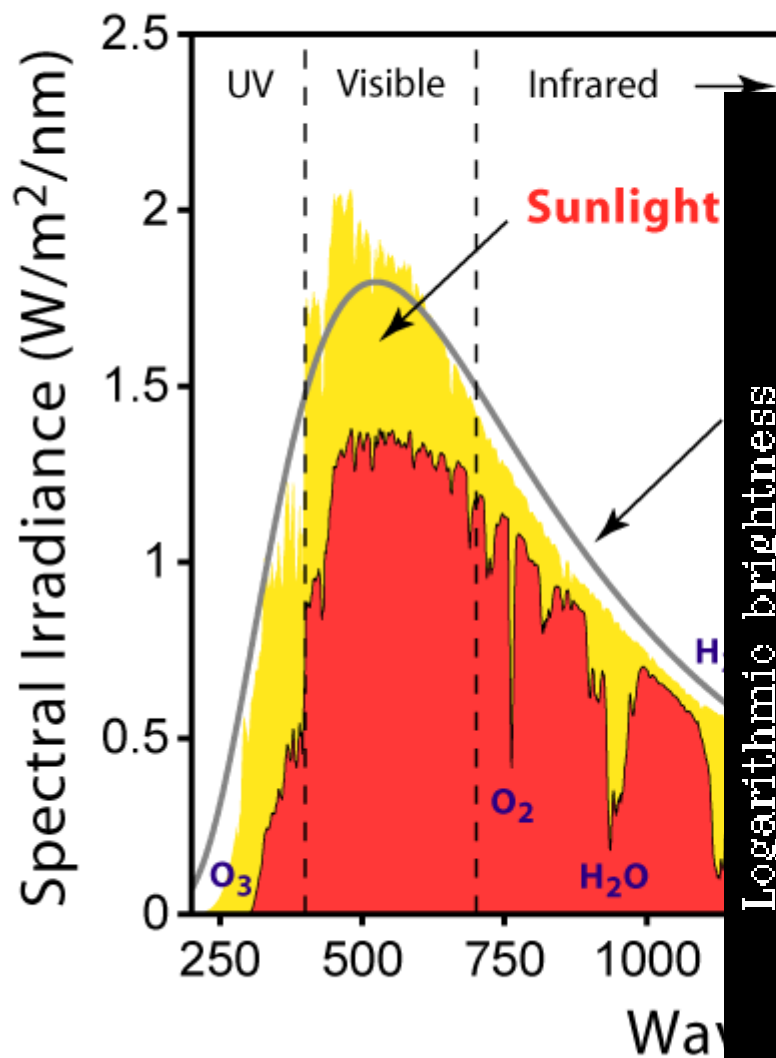




As linhas espectrais são a identificação única dos elementos químicos



# Solar Radiation Spectrum



- Os elementos que existem na terra são os mesmos que aqueles que existem no Sol
- 
- Estão aqui porque o Sol e a terra formaram-se da mesma nuvem de gás e poeira.
- 
- Alguns elementos foram encontrados primeiro no Sol depois na terra (e.g. Hélio)
- 
- Os mesmos elementos são encontrados em outras estrelas



# Formação Estelar

# Filme 1.



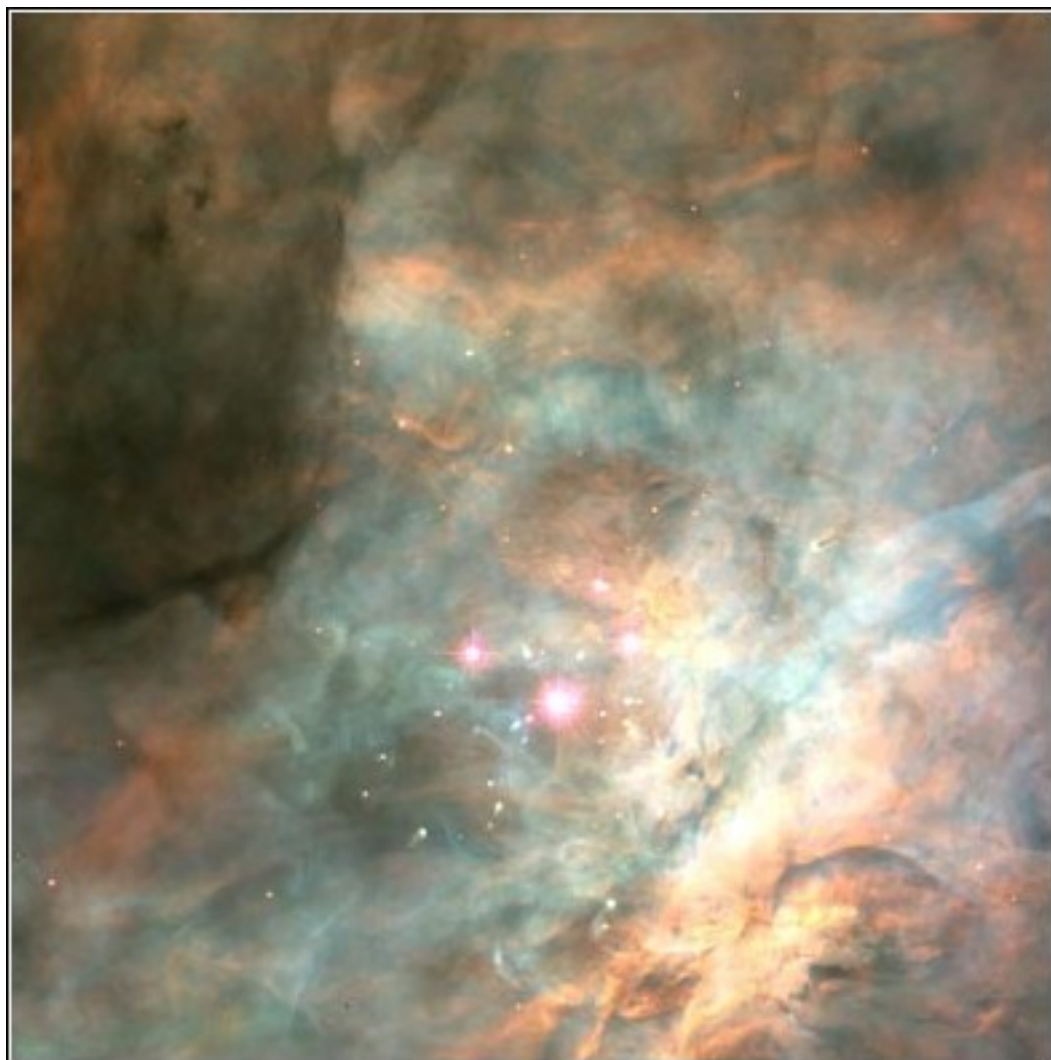


R136 - 30 Dorados Nebula



Visível

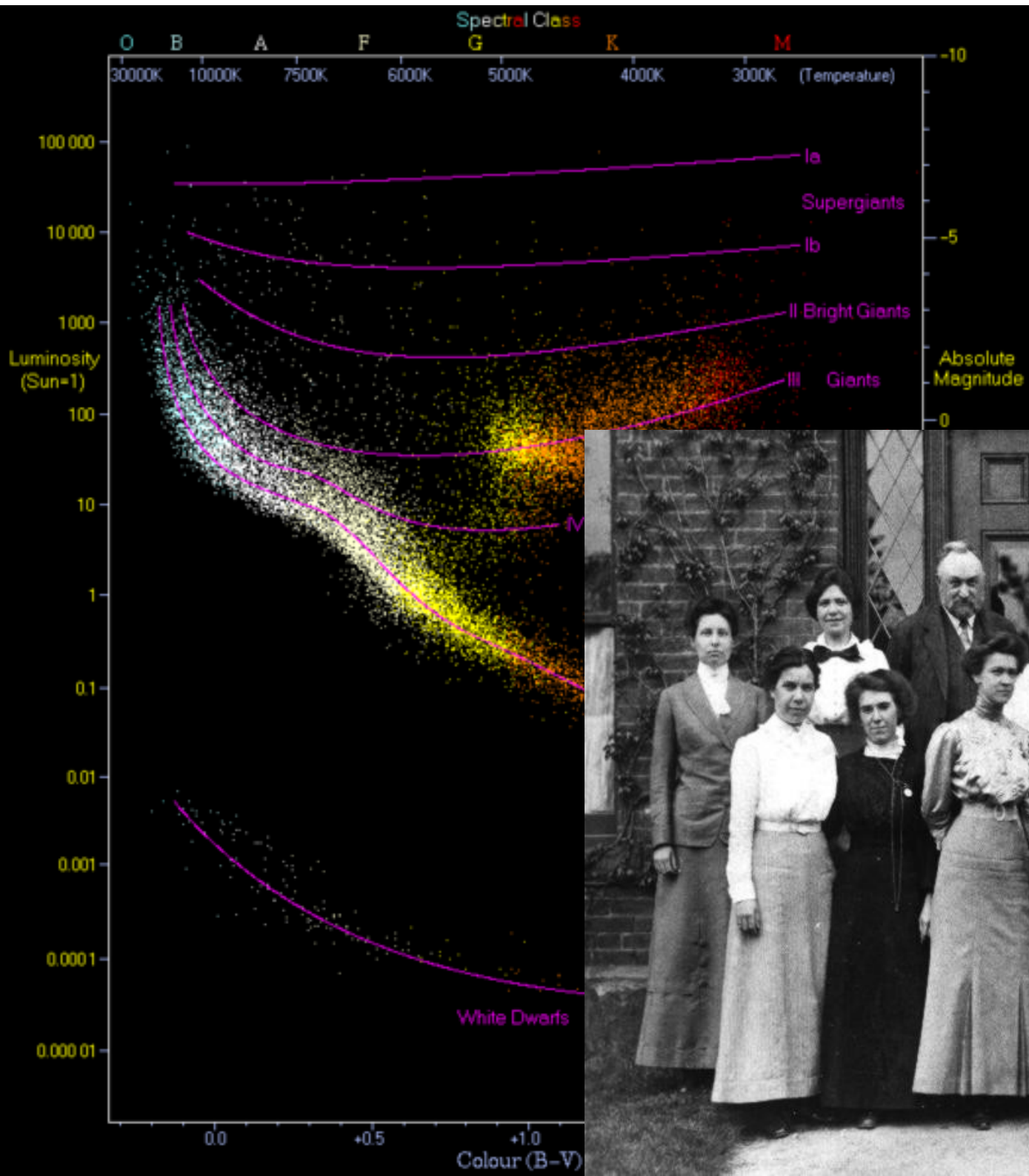
Infra vermelho



Aglomerado do trapézio

filme 2...





## Massa Estelar

## Tipo Estelar

## Tempo de vida SP

0.4 massas solares

M

200,000 milhões de anos

1 massa solar

G2

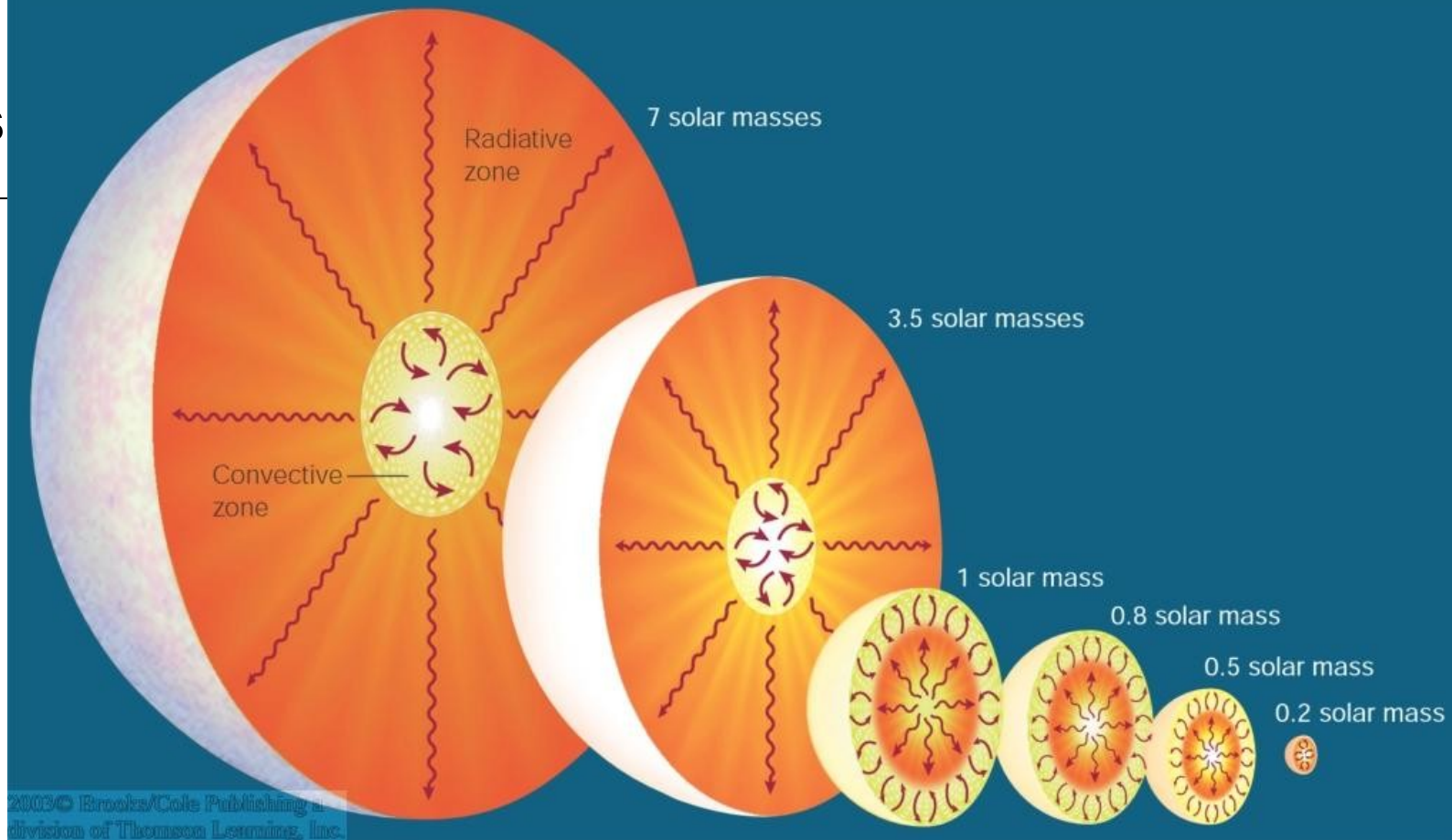
10,000 milhões de anos

3.3 massas solares

A

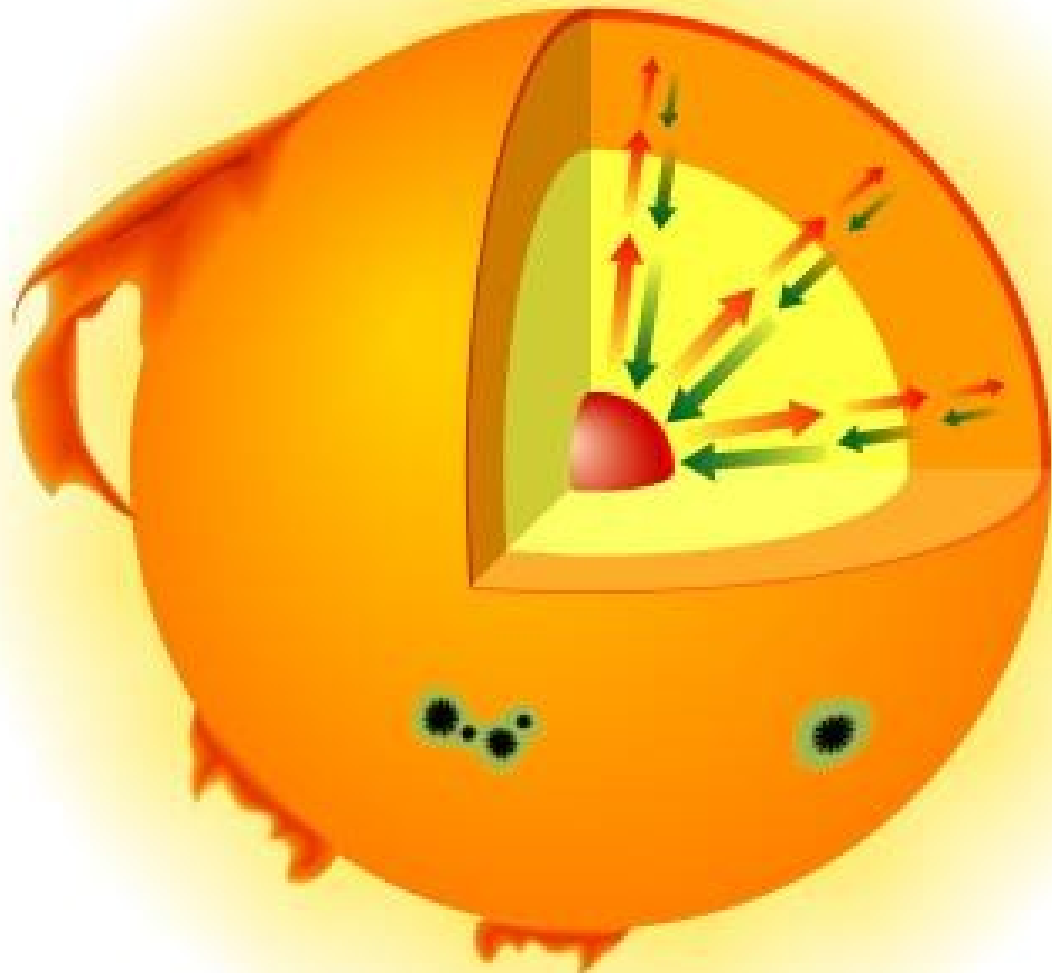
500 milhões de

40 massas



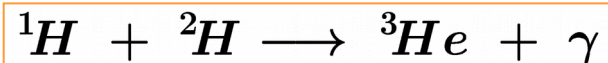
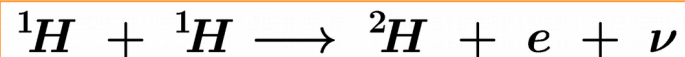
**Porquê as estrelas brilham?**

pressure →  
gravity →



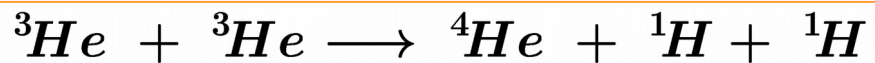


## A árvore PP



69%

31%



PP I

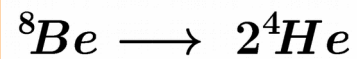
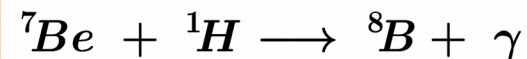
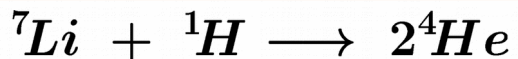
99.7%



0.3%

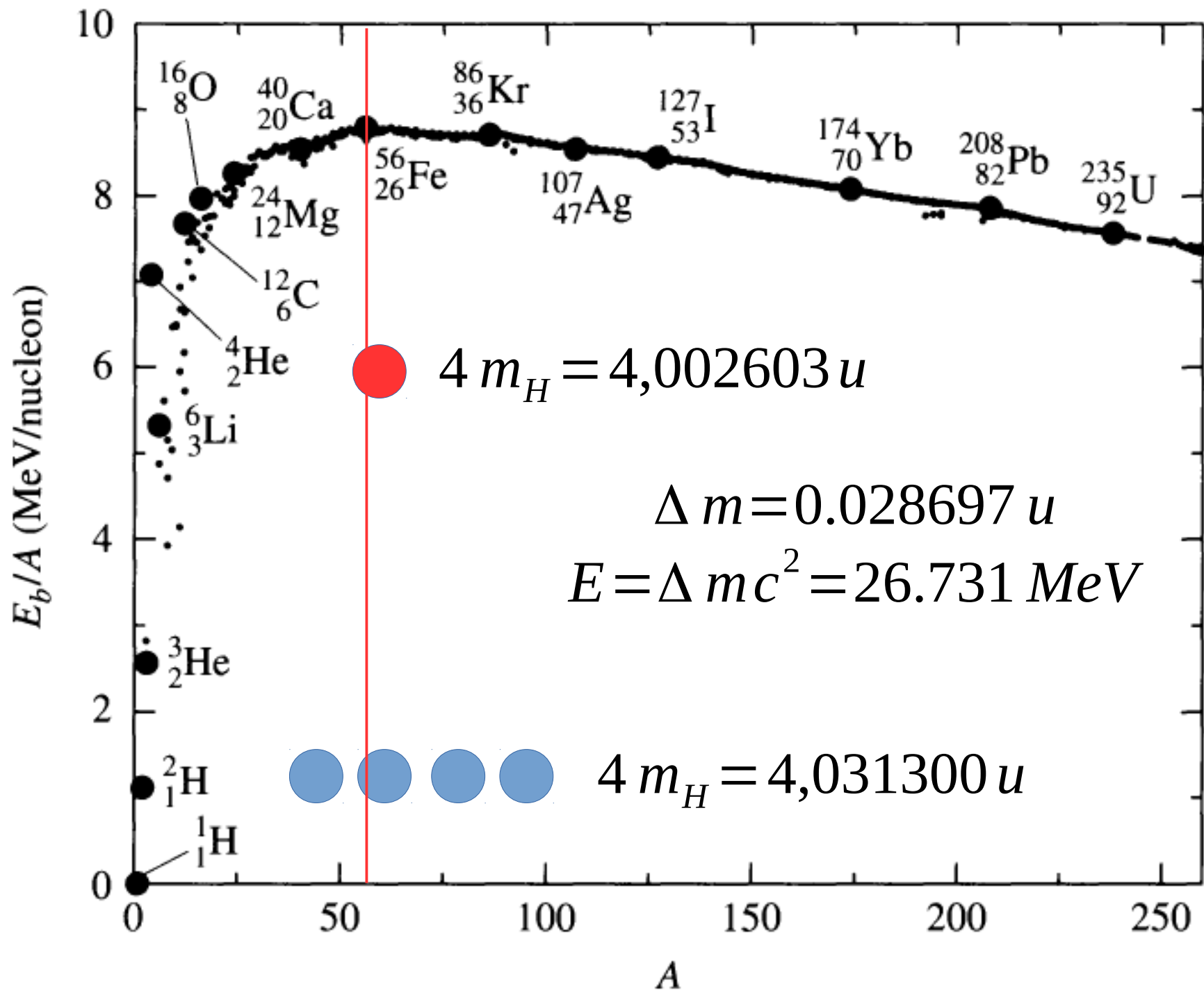


PP II



PP III

$$E = mc^2$$



# A importância da temperatura

<i>Combustível Nuclear</i>	<i>Processo</i>	<i>Limites de Temperatura</i>	<i>Produtos</i>
<i>H</i>	cadeia p-p	$\sim 4 \times 10^6$ K	He
<i>H</i>	ciclo CNO	$15 \times 10^6$ K	He
<i>He</i>	$3\alpha$	$100 \times 10^6$ K	C, O
<i>C</i>	C + C	$600 \times 10^6$ K	O, Ne, Na, Mg
<i>O</i>	O + O	$1000 \times 10^6$ K	Mg, S, P, Si
<i>Si</i>	Disintegração	$3000 \times 10^6$ K	Co, Fe, Ni

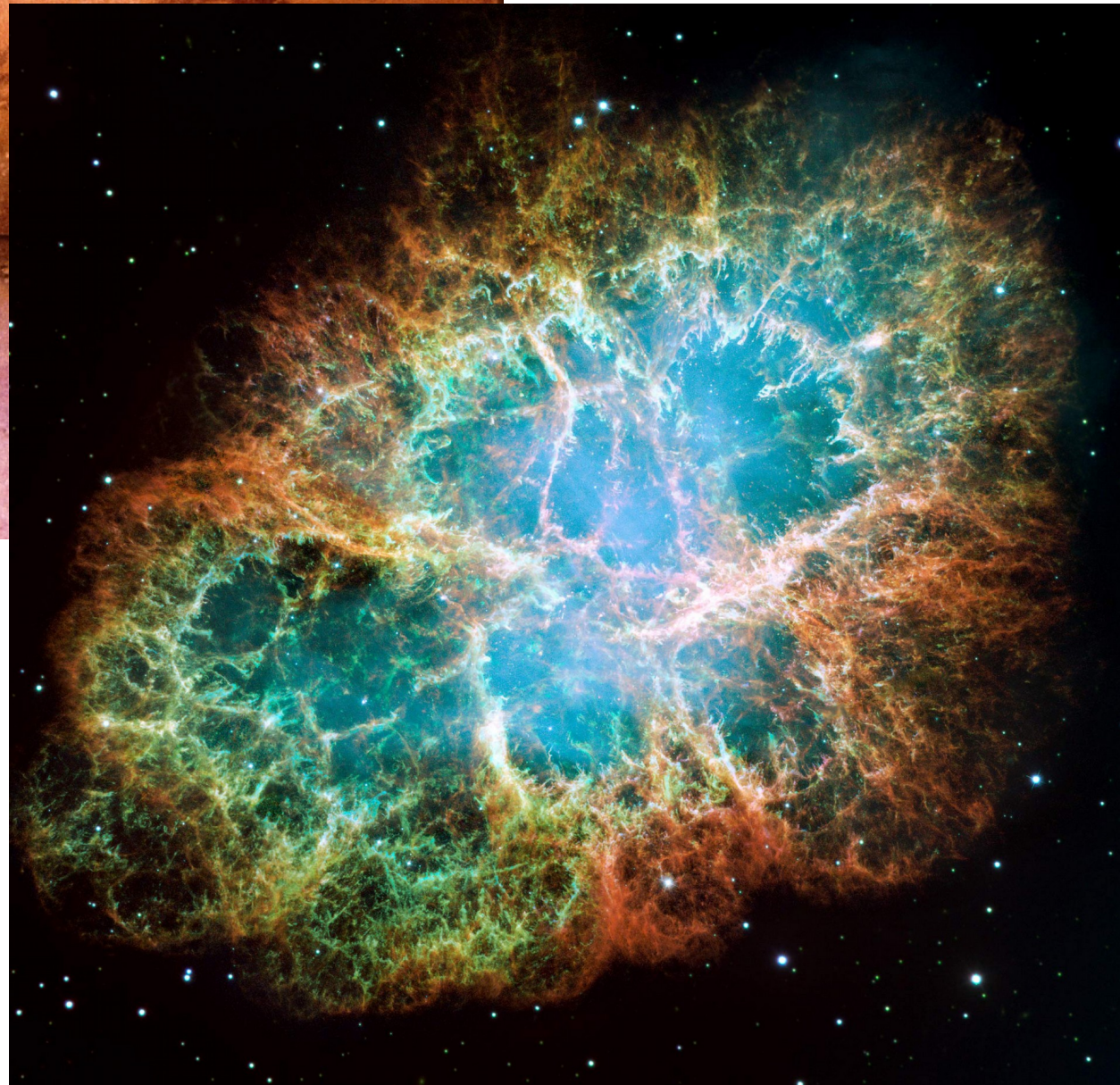


**Elementos mais pesados que o  
Ferro**

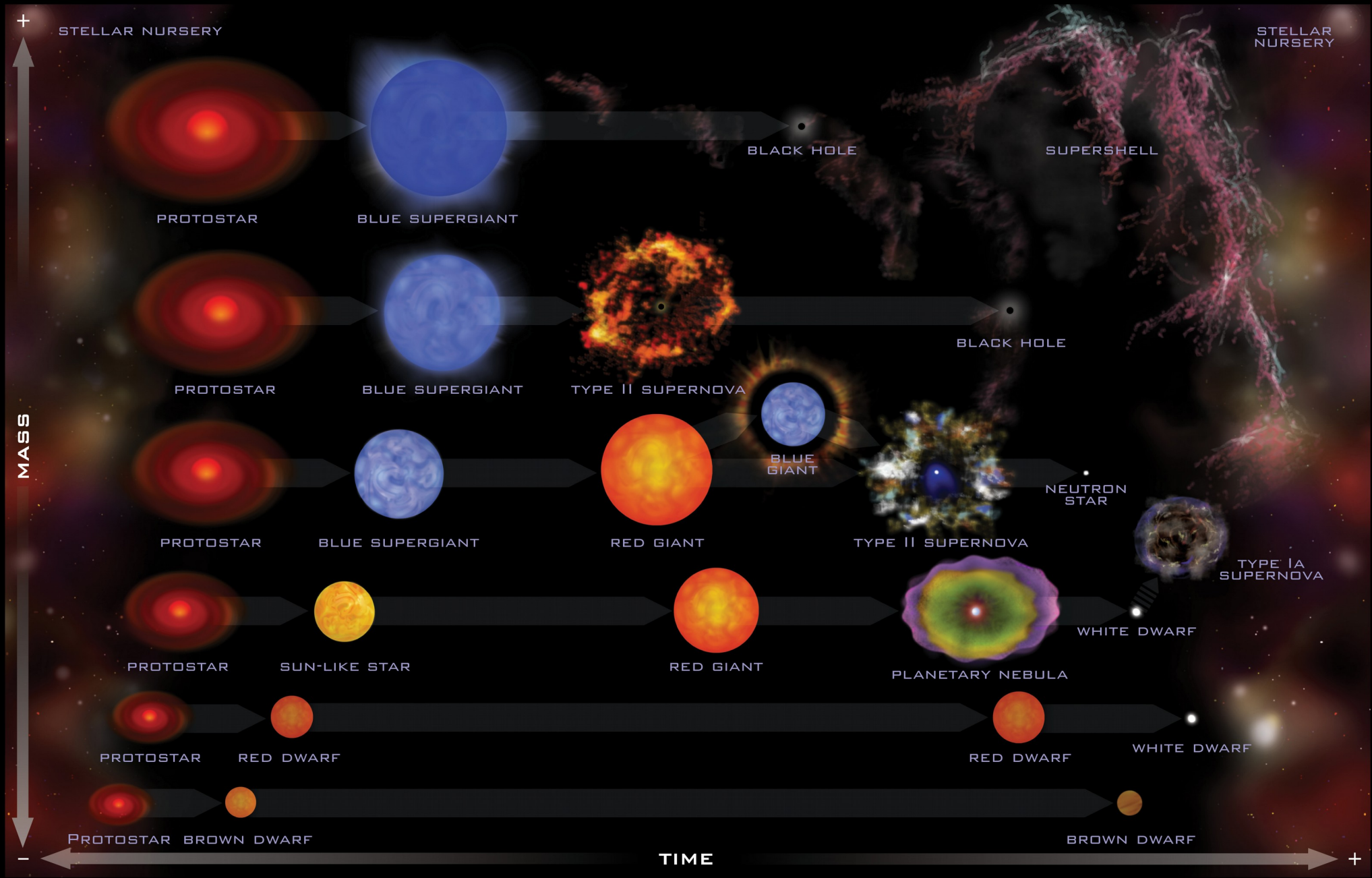




Cultura Anasazi (século XI)  
Crab nebula (supernova 1054 dc)







<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: #d9ead3;"> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%; text-align: center;"><span style="background-color: #d9ead3; padding: 2px;">B</span> Big Bang</td> <td style="width: 30%; text-align: center;"><span style="background-color: #5cb85c; padding: 2px;">L</span> Large stars</td> <td style="width: 30%; text-align: center;"><span style="background-color: #f4cccc; padding: 2px;">\$</span> Supernovae</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><span style="background-color: #4fc3f7; padding: 2px;">c</span> Cosmic rays</td> <td style="text-align: center;"><span style="background-color: #fff176; padding: 2px;">s</span> Small stars</td> <td style="text-align: center;"><span style="background-color: #e1bee7; padding: 2px;">M</span> Man-made</td> </tr> </table> </div> </div>																<span style="background-color: #d9ead3; padding: 2px;">B</span> Big Bang	<span style="background-color: #5cb85c; padding: 2px;">L</span> Large stars	<span style="background-color: #f4cccc; padding: 2px;">\$</span> Supernovae	<span style="background-color: #4fc3f7; padding: 2px;">c</span> Cosmic rays	<span style="background-color: #fff176; padding: 2px;">s</span> Small stars	<span style="background-color: #e1bee7; padding: 2px;">M</span> Man-made
<span style="background-color: #d9ead3; padding: 2px;">B</span> Big Bang	<span style="background-color: #5cb85c; padding: 2px;">L</span> Large stars	<span style="background-color: #f4cccc; padding: 2px;">\$</span> Supernovae																			
<span style="background-color: #4fc3f7; padding: 2px;">c</span> Cosmic rays	<span style="background-color: #fff176; padding: 2px;">s</span> Small stars	<span style="background-color: #e1bee7; padding: 2px;">M</span> Man-made																			
<b>H</b> B															<b>He</b> B						
<b>Li</b> c	<b>Be</b> c													<b>B</b> c	<b>C</b> s L	<b>N</b> s L	<b>O</b> s L	<b>F</b> L	<b>Ne</b> s L		
<b>Na</b> L	<b>Mg</b> L													<b>Al</b> \$ L	<b>Si</b> \$ L	<b>P</b> L	<b>S</b> s L	<b>Cl</b> L	<b>Ar</b> L		
<b>K</b> L	<b>Ca</b> L	<b>Sc</b> L	<b>Ti</b> \$ L	<b>V</b> \$ L	<b>Cr</b> L	<b>Mn</b> L	<b>Fe</b> \$ L	<b>Co</b> \$	<b>Ni</b> \$	<b>Cu</b> L	<b>Zn</b> L	<b>Ga</b> \$	<b>Ge</b> \$	<b>As</b> L	<b>Se</b> \$	<b>Br</b> \$	<b>Kr</b> \$				
<b>Rb</b> \$	<b>Sr</b> L	<b>Y</b> L	<b>Zr</b> L	<b>Nb</b> L	<b>Mo</b> \$ L	<b>Tc</b> L	<b>Ru</b> \$ L	<b>Rh</b> \$	<b>Pd</b> \$ L	<b>Ag</b> \$ L	<b>Cd</b> \$ L	<b>In</b> \$ L	<b>Sn</b> \$ L	<b>Sb</b> \$	<b>Te</b> \$	<b>I</b> \$	<b>Xe</b> \$				
<b>Cs</b> \$	<b>Ba</b> L			<b>Hf</b> \$ L	<b>Ta</b> \$ L	<b>W</b> \$ L	<b>Re</b> \$	<b>Os</b> \$	<b>Ir</b> \$	<b>Pt</b> \$	<b>Au</b> \$	<b>Hg</b> \$ L	<b>Tl</b> \$ L	<b>Pb</b> \$	<b>Bi</b> \$	<b>Po</b> \$	<b>At</b> \$	<b>Rn</b> \$			
<b>Fr</b> \$	<b>Ra</b> \$																				
		<b>La</b> L	<b>Ce</b> L	<b>Pr</b> \$ L	<b>Nd</b> \$ L	<b>Pm</b> \$ L	<b>Sm</b> \$ L	<b>Eu</b> \$	<b>Gd</b> \$	<b>Tb</b> \$	<b>Dy</b> \$	<b>Ho</b> \$	<b>Er</b> \$	<b>Tm</b> \$	<b>Yb</b> \$ L	<b>Lu</b> \$					
		<b>Ac</b> \$	<b>Th</b> \$	<b>Pa</b> \$	<b>U</b> \$	<b>Np</b> \$	<b>Pu</b> \$	<b>Am</b> M	<b>Cm</b> M	<b>Bk</b> M	<b>Cf</b> M	<b>Es</b> M	<b>Fm</b> M	<b>Md</b> M	<b>No</b> M	<b>Lr</b> M					

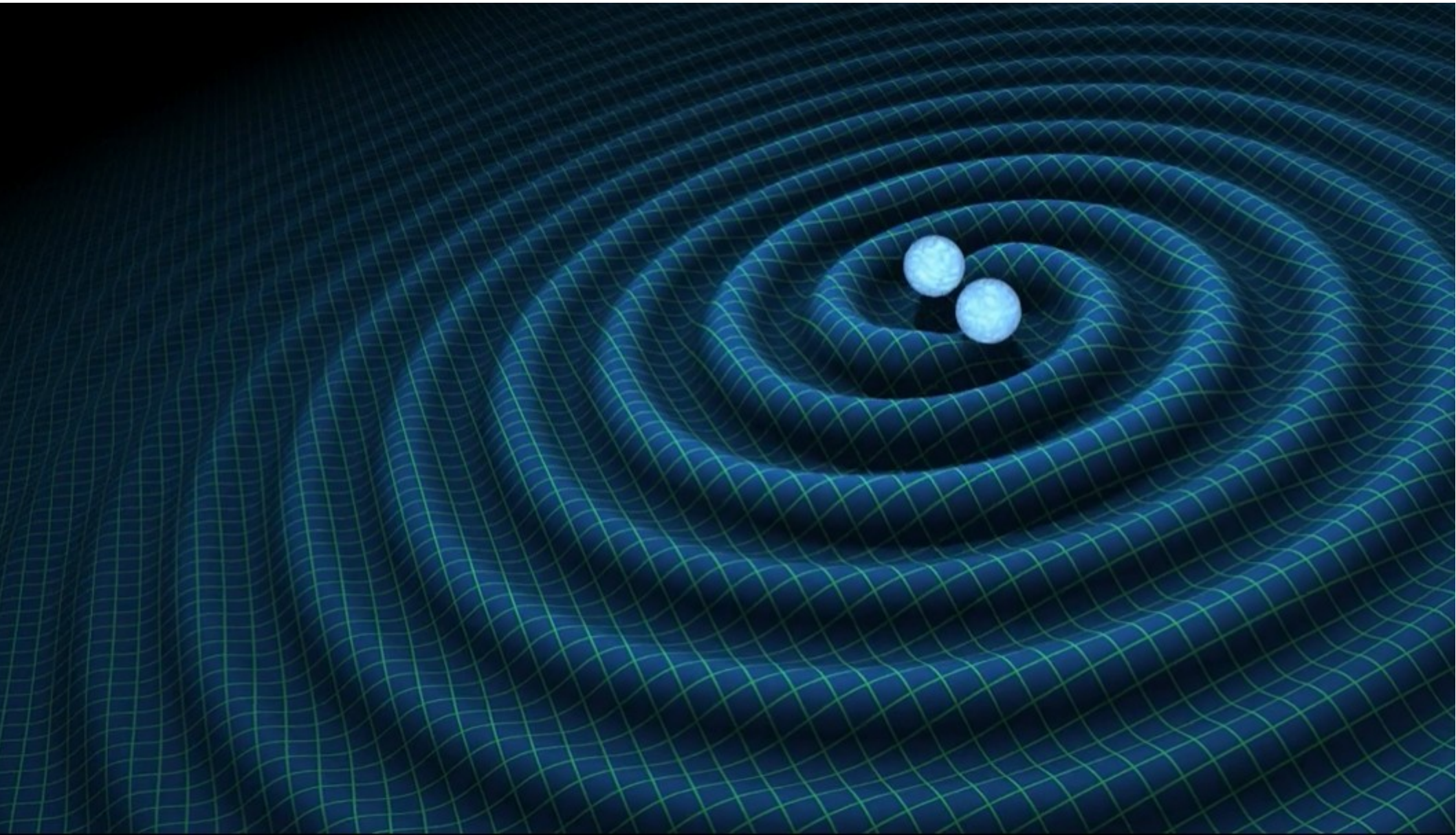
E que acontece com as estrelas nos  
estágios finais de vida?



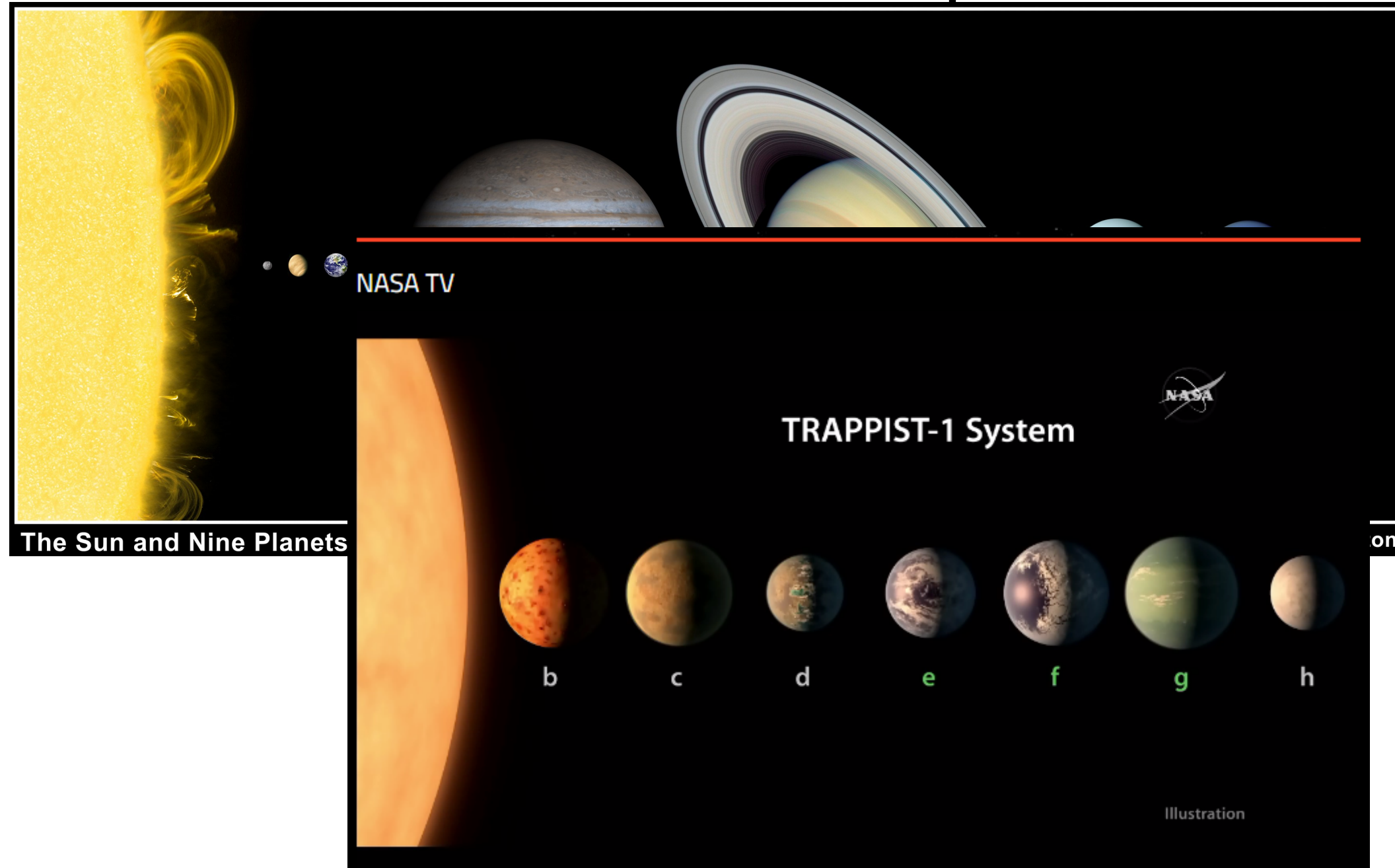


# Ondas Gravitacionais





# Em algumas dessas estrelas podem se desenvolver sistemas planetarios

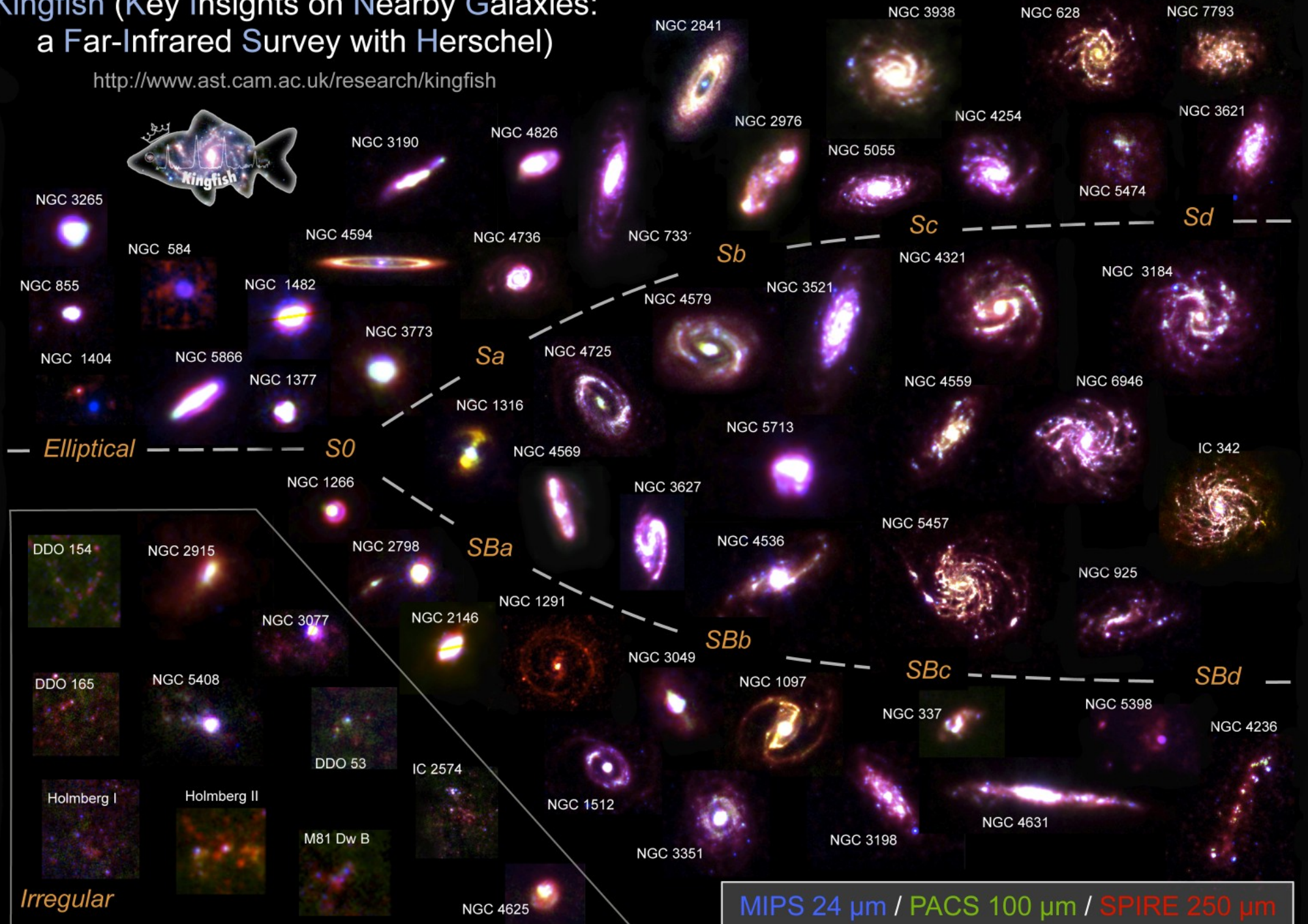


E além da nossa galaxia?



# Kingfish (Key Insights on Nearby Galaxies: a Far-Infrared Survey with Herschel)

<http://www.ast.cam.ac.uk/research/kingfish>

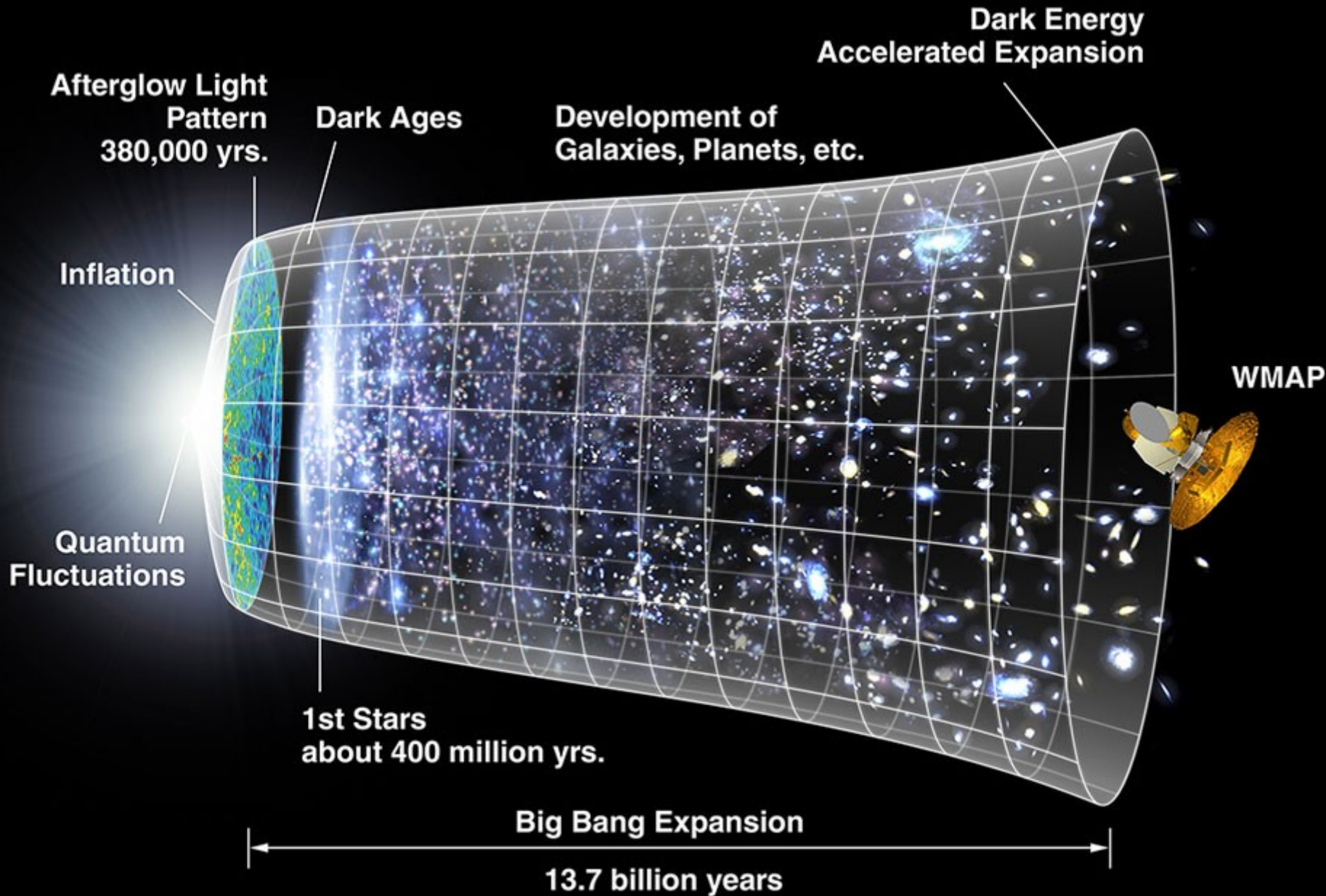


MIPS 24  $\mu\text{m}$  / PACS 100  $\mu\text{m}$  / SPIRE 250  $\mu\text{m}$



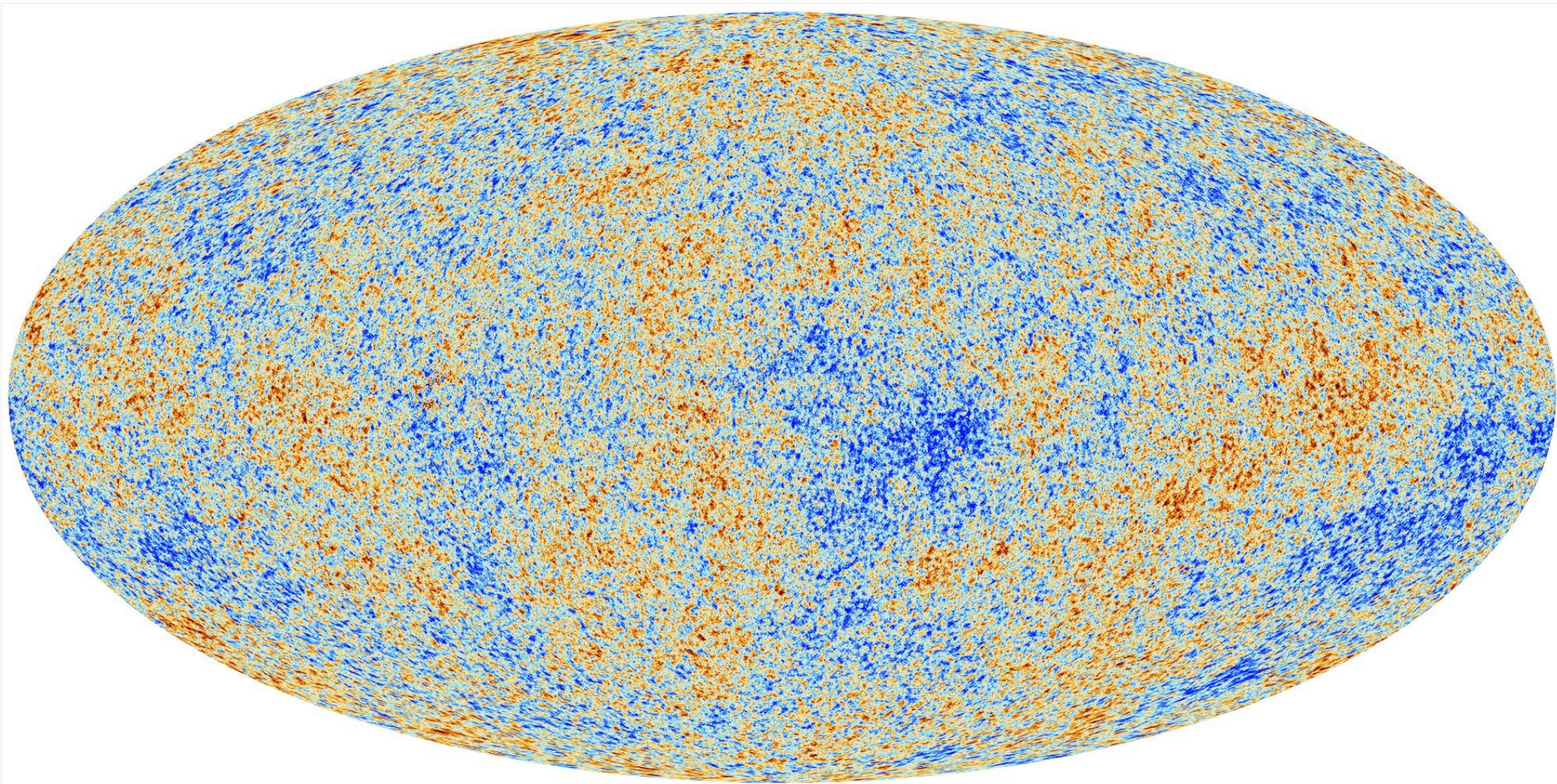








# Fotografia do universo criança Radiação cósmica de fundo





# Ementa do curso

1. Mecânica do Sistema Solar
2. A Terra e a Lua
3. Sistema Solar & Cosmogonia
4. Radiação Eletromagnética
5. Distribuição de Radiação e Linhas Espectrais
6. Telescópios
7. O Sol
8. Estrelas: Distâncias e Magnitudes
9. Estrelas: : Classificação Espectral
10. Sistemas Binários Estelares
11. Estrutura e Evolução Estelar
12. Estágios Finais da Evolução Estelar
13. Estrelas Variáveis
14. Meio Interestelar
15. A Galáxia
16. Outras Galáxias
17. Estrutura do Universo
18. Cosmologia



# Bibliografia

1. Apostila elaborada pelas Profas. Dras. Jane Gregorio-Hetem, Vera Jatenco-Pereira e Claudia Mendes de Oliveira do Depto de Astronomia do IAG  
<http://www.astro.iag.usp.br/~jane/aga215/>
2. Livro online de Astronomia e Astrofísica (Oliveira F., Kepler & Saraiva, M. F. O.)  
<http://astro.if.ufrgs.br/index.html>
3. Introductory Astronomy & Astrophysics, Zelik, Gregory & Smith
4. The Physical Universe, Frank Shu.

# Avaliação

- 3 provas valendo 35%, 35% e 30%
- Listas de exercícios, quem resolver na losa ganha 1% da nota final (pode ganhar ate 10%)