

# 15<sup>as</sup> Olimpíadas Nacionais de Astronomia

Prova Prática da Final Nacional

25 de Junho de 2021

15:00 (Continente e Madeira) / 14:00 (Açores)

Duração máxima – 120 minutos



## Notas:

- Esta prova é composta por duas partes - análise de dados e observação do céu.
- Lê atentamente todas as questões.
- Nas questões da primeira parte, utiliza folhas de papel milimétrico para mais facilmente traçar os gráficos pedidos, assinalando a questão.
- Para as questões da segunda parte onde é necessário assinalar elementos nas figuras da prova, faz as tuas notas a lápis antes de passar a caneta a tua resposta final.
- Todas as restantes respostas devem ser dadas na folha de prova sendo devidamente assinadas.

## PRIMEIRA PARTE - ANÁLISE DE DADOS

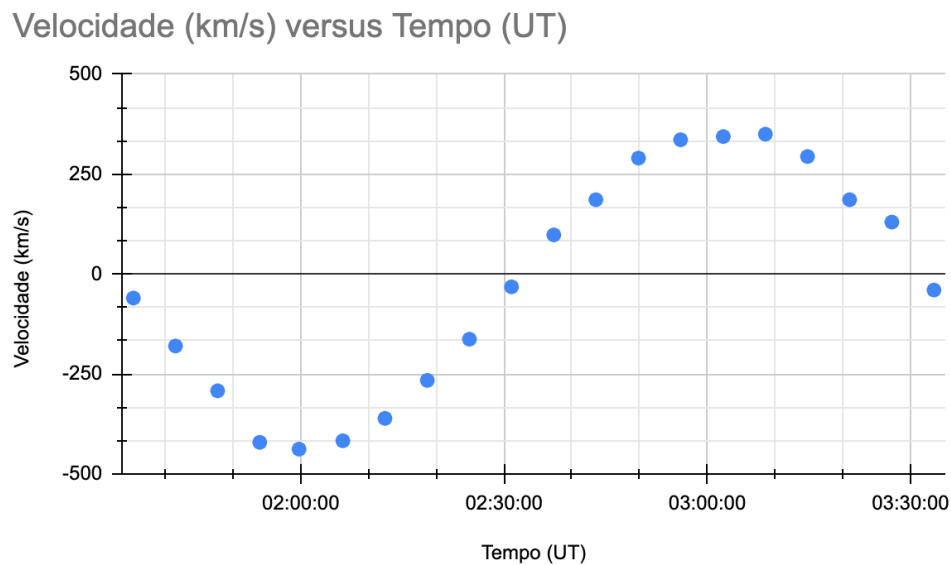
1. Num sistema estelar binário, a componente A, de menor massa, executa uma órbita circular ao redor da estrela B, cuja massa é muito maior que a massa de A. Uma astrónoma efetua uma série de observações espectroscópicas deste sistema, e posteriormente calcula as velocidades radiais da componente A. A Tabela abaixo lista os valores obtidos nessas observações.

- a) Constrói um gráfico da velocidade radial da estrela A em função do tempo.
- b) A partir do gráfico, determina o Período Orbital da Estrela A.
- c) Calcula a massa da estrela B, em unidades de massa solar. Considera que  $m_A \ll m_B$ .
- d) Discute se o gráfico é simétrico em relação ao eixo do tempo, e o que isto nos diz sobre o movimento do sistema binário.

Tempo (UT)	Velocidade (km/s)	Tempo (UT)	Velocidade (km/s)
01:47:44	-292	02:37:21	98
01:41:31	-180	02:43:34	186
01:35:18	-60	02:49:51	290
01:53:57	-421	02:56:04	336
01:59:45	-438	03:02:22	344
02:06:13	-417	03:08:35	350
02:12:26	-361	03:14:48	294
02:18:41	-266	03:21:01	186
02:24:54	-163	03:27:15	130
02:31:07	-32	03:33:28	-40

### Solução:

a) Fazendo o gráfico temos:



b) Analisando o gráfico temos que  $T_A = 120$  min

c) A partir do gráfico, obtém-se a semi-amplitude da velocidade  $v_A = 394 \text{ km s}^{-1}$ . Equacionando a força centrípeta e a força gravitacional temos:

$$\frac{m_A v_A^2}{r} = \frac{G m_A m_B}{r^2} \Rightarrow m_B = \frac{v_A^2 r}{G} \quad (1)$$

Sabendo também a fórmula para a velocidade orbital temos:

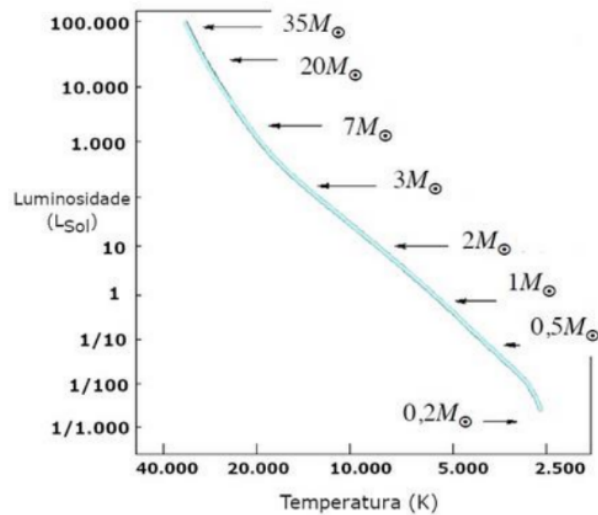
$$v_A = \frac{2\pi r}{T_A} \Rightarrow r = \frac{v_A T_A}{2\pi} \quad (2)$$

Substituindo na expressão acima temos:

$$m_B = \frac{v_A^3 T_A}{2\pi G} = 1.04 \times 10^{30} \text{ kg} \approx 0.52 M_\odot \quad (3)$$

d) O gráfico não é simétrico, o que implica que o sistema está a se aproximar do observador a uma velocidade de  $\approx 22 \text{ km s}^{-1}$ .

2. O diagrama de Hertzsprung-Russel (HR) é um gráfico onde é representada a luminosidade das estrelas versus a sua temperatura à superfície. Ele é muito utilizado em astronomia, pois permite visualizar o estágio evolutivo das estrelas. Por exemplo, na imagem que se segue, podemos ver a posição ocupada por estrelas de várias massas quando elas estão na sua "idade adulta" - a chamada "sequência principal".



Assumindo que as estrelas de um enxame de estrelas partilham a mesma composição química e nascem todas mais ou menos ao mesmo tempo, é possível utilizar a posição das estrelas desse enxame num diagrama HR para estimar a idade do enxame.

Foram observadas 5 estrelas em dois enxames distintos "A" e "B" e registaram-se as respectivas luminosidades e índices de cor (diferença entre as magnitudes nos filtros B e V).

**Enxame A**

Massa estimada (M <sub>sol</sub> )	log(L/L <sub>sol</sub> )	B-V
1	0	0.69
2	1.5	0.11
3	2	-0.16
5	2.8	-0.33
8	3.5	-0.41

**Enxame B**

Massa estimada (M <sub>sol</sub> )	log(L/L <sub>sol</sub> )	B-V
1	-0.01	0.81
2	1.3	0.09
3	2.3	-0.08
5	3.2	0
8	4.05	0.23

- a) Usando a aproximação para a relação entre temperatura efectiva e índice de cor B-V dada por:

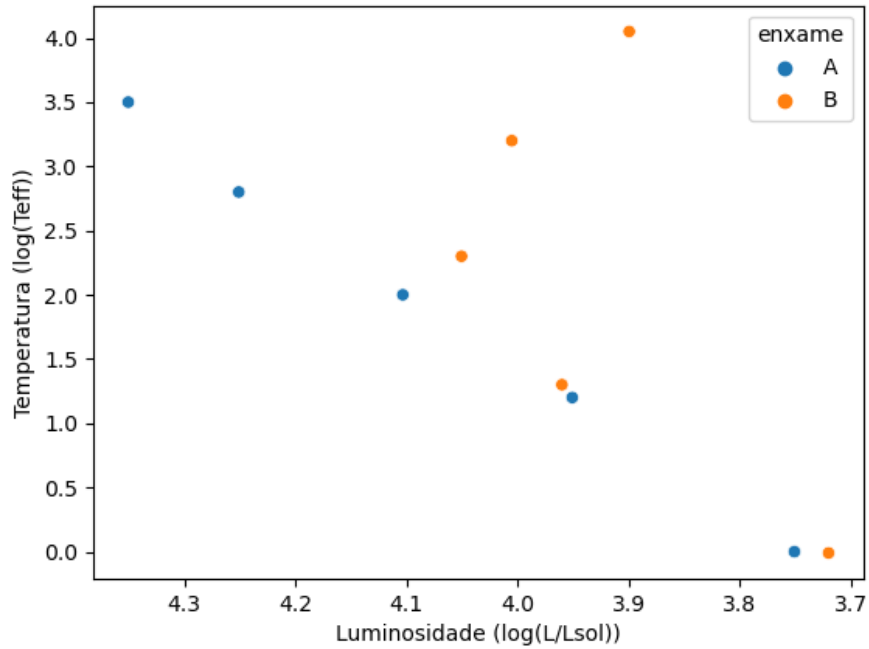
$$T(K) = 4600 \times \left( \frac{1}{0.92(B - V) + 1.7} + \frac{1}{0.92(B - V) + 0.62} \right) \quad (4)$$

traça o diagrama HR (log(L/L<sub>sol</sub>) vs. log(T)) para as estrelas destes dois enxames, representando os pontos referentes às estrelas de cada enxame com dois símbolos distintos.

- b) Assumindo que as nuvens moleculares que originaram estes dois enxames tinham a mesma composição química, indica qual dos dois é o mais jovem, justificando a resposta.

**Solução:**

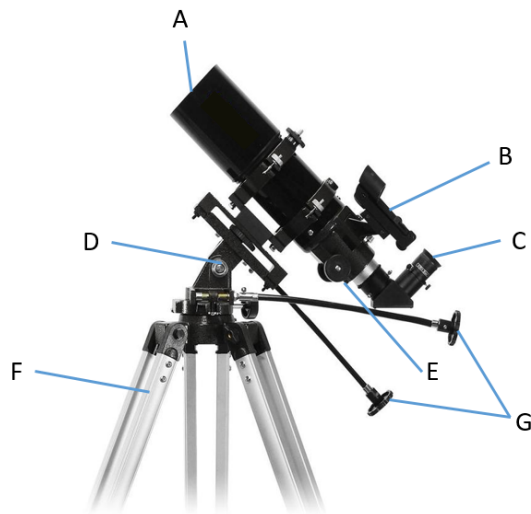
a) Fazendo o gráfico temos:



b) O enxame A é o mais jovem porque as estrelas mais massivas do enxame B estão mais frias e luminosas, indicando que já abandonaram a sequência principal.

## SEGUNDA PARTE - INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO

3. Os telescópios são ferramentas fundamentais para a recolha de dados observacionais em Astronomia.



- Nomeia os componentes do telescópio identificados na figura com as letras de A a G. Refere ainda o tipo de montagem deste telescópio.
- Quando observadas, as estrelas distantes deveriam ser vistas como objectos pontuais. No entanto, devido à difração na abertura do telescópio e de efeitos de turbulência atmosférica (conhecida como *seeing*) a luz das estrelas é distribuída aproximadamente num círculo de pixels de diâmetro correspondente ao valor do *seeing* (aparecendo "desfocada"). Sabendo que o *seeing* típico num telescópio ronda um segundo de arco ( $1''$ ), calcule o diâmetro em pixels de uma estrela para dois telescópios de escalas:  $0.2''/\text{pix}$  e para  $0.03''/\text{pix}$ .
- Na prática, a turbulência atmosférica limita a resolução física com que se pode observar qualquer objeto numa dada altura de observação, independentemente do diâmetro do telescópio. Que técnica se costuma aplicar para mitigar esse efeito nos telescópios de grande diâmetro? Em que consiste essa técnica?

### Solução:

- A. Abertura B. Mira C. Ocular D. Montagem E. Foco F. Tripé G. Controlos de Ajuste Fino  
Montagem azimutal.
- $1/0.2 = 5$  pixel;  $1/0.03 \approx 33$  pixel
- Ótica adaptativa. Consiste em modelar a turbulência atmosférica com o uso de lasers refletidos nas altas camadas da nossa atmosfera a simular fontes pontuais. Com o modelo da turbulência, aplicam-se pequenas deformações aos espelhos do telescópio para corrigir a imagem e obter algo próximo da resolução intrínseca do telescópio.

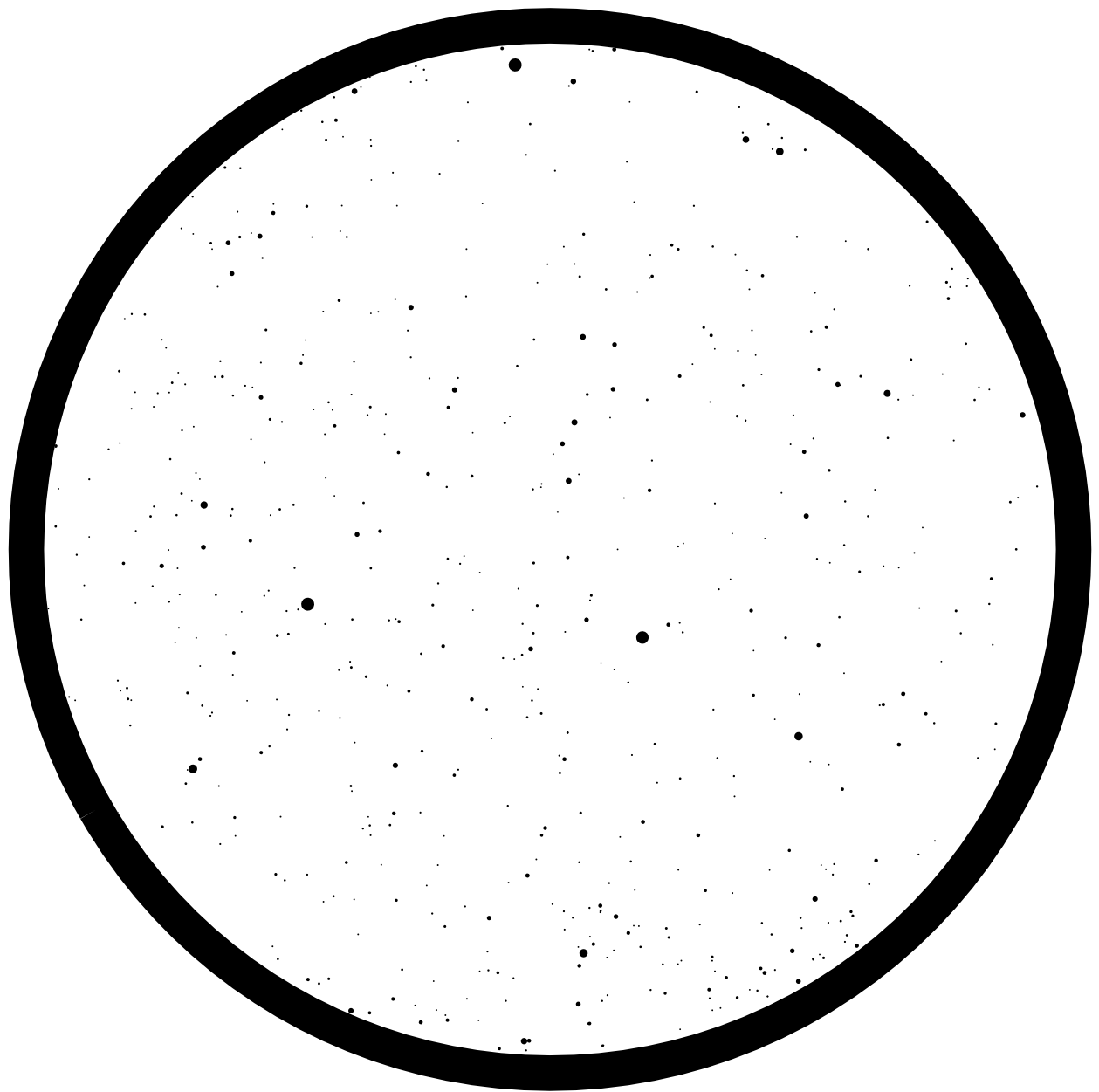
4. Na página 7 podes encontrar a carta do céu como este seria visto da cidade do Porto ( $41^\circ\text{N}$   $8.6^\circ\text{O}$ ) no dia 25 de Julho de 2021 pelas 21:00 UTC. Para as seguintes questões, assinala na carta com as siglas indicadas entre parêntesis.

- a) Assinala na carta o polo norte celeste (PNC) e os pontos cardeais (N, S,E,O).
- b) Desenha a eclíptica (E), o Equador Celeste (EC) e o Equador Galáctico (EG).
- c) Na tabela abaixo encontra todas as constelações do Zodíaco e as suas siglas. Indica na carta a posição das constelações do Zodíaco visíveis ou parcialmente visíveis.

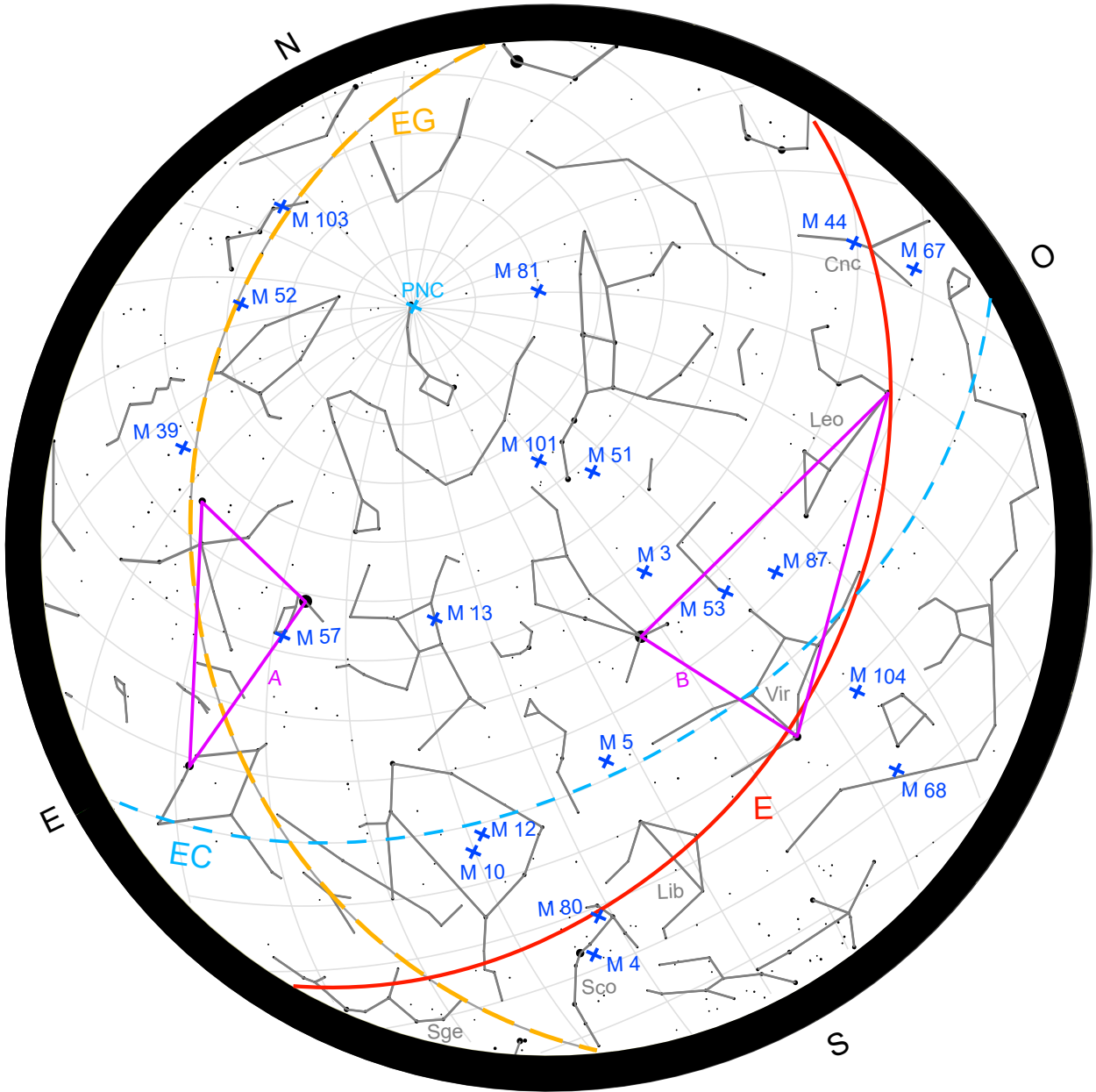
Nome Comum	Nome Latim	Sigla IAU
Carneiro	Aries	Ari
Touro	Taurus	Tau
Gémeos	Gemini	Gem
Caranguejo	Cancer	Cnc
Leão	Leo	Leo
Virgem	Virgo	Vir
Balança	Libra	Lib
Escorpião	Scorpio	Sco
Sagitário	Sagittarius	Sgr
Capricórnio	Capricornus	Cap
Aquário	Aquarius	Aqr
Peixes	Pisces	Psc

- d) Desenha na carta os seguintes asterismos e identifica-os pela letra A e B respectivamente:
- A. O Triângulo de Verão (composto pelas estrelas *Deneb*, *Vega* e *Altair*).
- B. O Triângulo de Primavera (composto pelas estrelas *Arcturo*, *Spica* e *Regulus*).
- e) Identifica na carta 4 objectos de messier. A tabela abaixo pode ajudar-te. Nela encontra uma lista de objectos de Messier visíveis no céu da carta assim como os seus nomes populares.

Catálogo	Nome comum (PT)	Nome comum (EN)
M44	Enxame do Presépio	Beehive Cluster
M104	Galáxia do Sombrero	Sobrero Galaxy
M57	Nebulosa do Anel	Ring Nebula
M101	Galáxia do Catavento	Pinwheel Galaxy
M51	Galáxia do Redemoinho	Whirlpool Galaxy
M81	Galáxia de Bode	Bode's Galaxy
M87	Virgo A	Virgo



Solução:

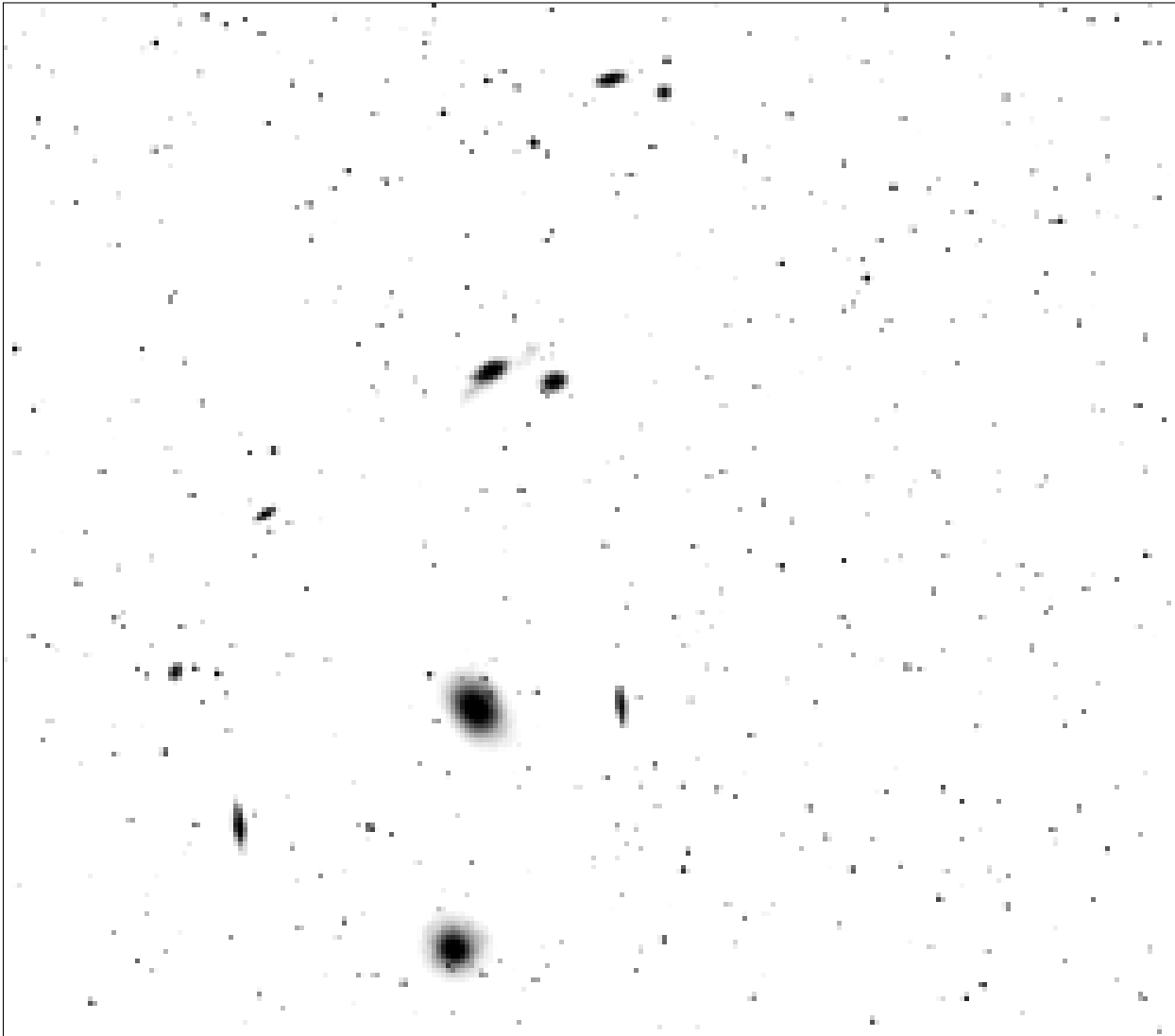




5. A figura da página a seguir é uma imagem de longa exposição da região central do enxame de galáxias de Virgem, o enxame de galáxias mais próximo da Terra. Essas galáxias formam uma estrutura conhecida como Cadeia de Markarian, que contém várias galáxias em interação. Utilizando as informações da Tabela abaixo, realiza as seguintes tarefas:

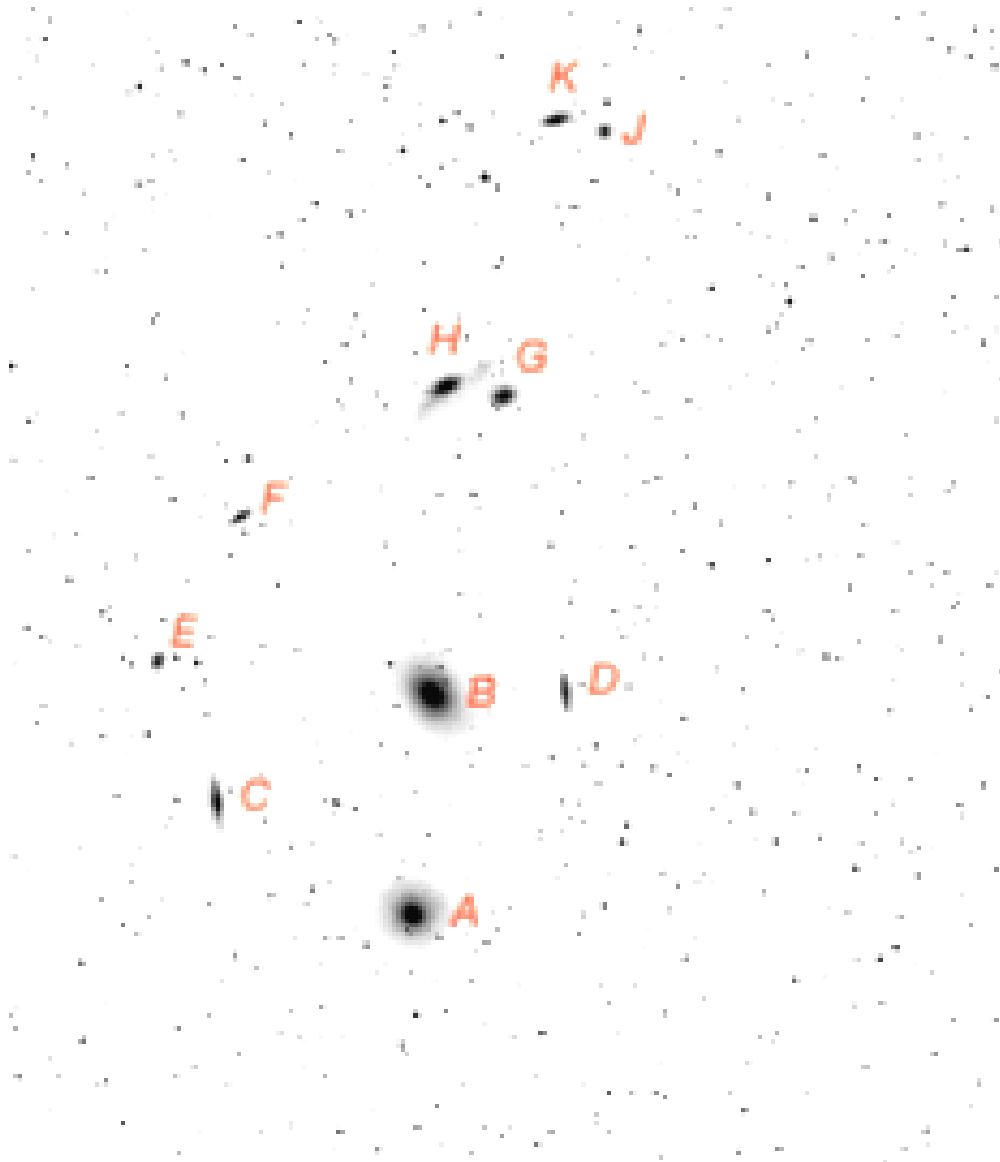
- Identifica na Figura as dez galáxias que constam da Tabela;
- Determina as coordenadas equatoriais do centro da carta;
- Estima o diâmetro linear da região central do enxame, sabendo que a distância até o enxame é de 16,5 Mpc

ID	Nome	AR	DEC	$m_V$	tipo	diâmetro angular
A	M84	12h25m	12°53'	10.5	$E_1$	6.0'
B	M86	12h26m	12°57'	8.9	$E_3$	10.2'
C	N4388	12h26m	12°40'	11.0	$S_b$	6.2'
D	N4402	12h26m	13°07'	11.5	$S_c$	2.6'
E	N4413	12h26m	12°27'	12.2	$S_c$	1.1'
F	N4425	12h27m	12°44'	11.8	$S_a$	1.9'
G	N4435	12h28m	13°05'	10.8	$S_0$	2.8'
H	N4438	12h28m	13°01'	10.2	$S_b$	8.7'
J	N4458	12h29m	13°14'	12.1	$E_0$	1.1'
K	N4461	12h29m	13°11'	11.2	$S_a$	2.5'



**Solução:**

a) Ver carta abaixo



b) Coordenadas do centro da carta:

AR = 12h 27m

DEC = 13°09'

c) Diâmetro Angular:  $\theta = 1.0^\circ$

Distância:  $d = 16.5 \text{ Mpc}$

Diâmetro Linear  $\approx \theta \times d = 288.105 \text{ pc}$

## Tabela de Dados:

### Constantes Universais

- Velocidade da luz (vazio):  $c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$
- Constante gravitacional:  $G = 6.673 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$
- Constante de Stefan-Boltzmann:  $\sigma = 5.670 \times 10^{-8} \text{ W m}^2 \text{ K}^{-4}$
- Constante de dispersão de Wien:  $b = 2.8976 \times 10^{-3} \text{ m K}$

### Dados sobre o Sol

- Massa do Sol:  $M_{\odot} = 1.99 \times 10^{30} \text{ kg}$
- Raio do Sol:  $R_{\odot} = 6.955 \times 10^8 \text{ m}$
- Período médio de rotação do sol:  $T = 27 \text{ dias}$
- Luminosidade do Sol:  $L_{\odot} = 3.846 \times 10^{26} \text{ W}$
- Temperatura superficial do Sol:  $T_{ef} = 5780 \text{ K}$

### Dados sobre a Terra

- Massa da Terra:  $M_{\oplus} = 5.972 \times 10^{24} \text{ kg}$
- Raio da Terra:  $R_{\oplus} = 6371 \times 10^3 \text{ m}$

### Dados sobre a Lua

- Massa da Lua:  $M_{\zeta} = 7.348 \times 10^{22} \text{ kg}$
- Raio da Lua:  $R_{\zeta} = 1738 \times 10^3 \text{ m}$

### Conversão de unidades

- Unidade Astronómica (UA):  $1 \text{ UA} = 1.49 \times 10^{11} \text{ m}$
- Parsec (pc):  $1 \text{ pc} = 3.086 \times 10^{16} \text{ m}$

### Relações importantes

- Velocidade angular  $\Omega = \frac{2\pi}{T} [\text{rad s}^{-1}]$
- Lei de Stefan-Boltzmann:  $L = 4\pi R^2 \sigma T_{ef}^4$
- Distância em parsec:  $d_{pc} = 10^{\frac{m-M+5}{5}}$
- Magnitude absoluta:  $M = -2,5 \log(L) + K$ , em que  $K$  é uma constante
- Lei da Gravitação Universal:  $F_g = G \frac{Mm}{r^2}$
- Lei de Wien:  $\lambda_{max} = \frac{b}{T}$

- Lei dos cossenos:

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2b \cdot c \cdot \cos \hat{A}$$

$$b^2 = a^2 + c^2 - 2a \cdot c \cdot \cos \hat{B}$$

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2a \cdot b \cdot \cos \hat{C}$$

