

Cœlum Australe

Jornal Pessoal de Astronomia, Física e Matemática - Produzido por Irineu Gomes Varella

Criado em 1995 – Retomado em Junho de 2012 – Ano V – Nº 36 - Dezembro de 2014

UNIDADES DE DISTÂNCIA EM ASTRONOMIA

Prof. Irineu Gomes Varella

© 1998 - Direitos autorais reservados - Proibida a reprodução.

No domínio das estrelas, galáxias, nebulosas e etc., as unidades que normalmente fazemos uso para a avaliação de distâncias em nossa vida diária, não são empregadas. Algumas delas, como o quilômetro, são ocasionalmente utilizadas, mas as grandes distâncias são determinadas em unidades astronômicas, em anos-luz ou em parsecs.

I - A UNIDADE ASTRONÔMICA (UA ou A)

A unidade astronômica representa, aproximadamente, o semi-eixo maior da órbita terrestre ou, de modo mais simples, a distância média da Terra ao Sol. Seu valor foi fixado pela União Astronômica Internacional (1976) em:

$$1 \text{ A} = 149.597.870 \text{ km} \cong 1,496 \times 10^8 \text{ km}$$

e, para as distâncias no âmbito do Sistema Solar e no estudo das estrelas binárias, é muito utilizada. A definição rigorosa da unidade astronômica pode ser encontrada nos textos de Mecânica Celeste e não apresenta interesse imediato para o desenvolvimento presente. Abaixo estão relacionadas, em unidades astronômicas, as distâncias médias ao Sol de alguns astros do Sistema Solar:

ASTROS	DISTÂNCIAS	ASTROS	DISTÂNCIAS
Mercúrio	0,3871	Júpiter	5,2028
Vênus	0,7233	Saturno	9,5388
Terra	1,0000	Urano	19,1820
Marte	1,5237	Netuno	30,0578
1.Ceres	2,7661	Plutão	39,4387

EXEMPLO 1: A distância média de Vênus ao Sol é de 0,7233 A. Em quilômetros, será:

$$d = 0,7233 \times 149,6 \times 10^6 \text{ km} = 108,2 \text{ milhões de km}$$

II - O ANO-LUZ (a.l.)

O ano-luz, largamente empregado em muitos textos de divulgação científica, representa a distância percorrida pela luz, no espaço vazio (vácuo), em um ano.

Tendo a velocidade da luz no vácuo o valor $c = 299.792,458 \text{ km/s}$, para se obter a distância por ela percorrida em um ano, bastará multiplicar a sua velocidade (c) pela quantidade de segundos existentes em um ano (n). Neste ponto, devemos notar, a grande maioria dos textos de Astronomia não especifica qual ano deve ser utilizado para o cálculo. Para os nossos propósitos vamos adotar o ano Juliano, cuja duração é de 365,25 dias ou 365d e 6h. Este valor pouco difere da duração do ano sideral que representa o período de translação da Terra que, também, poderia se prestar ao cálculo do valor do ano-luz. Obtém-se o número de segundos do ano Juliano, efetuando-se a multiplicação:

$$n = 365,25 \times 24 \times 60 \times 60 \text{ s} = 31.557.600 \text{ s}$$

e, para o valor do ano-luz, em quilômetros, teremos:

$$1 \text{ a.l.} = 31.557.600 \text{ s} \times 299.792,458 \text{ km/s} = 9,4607 \times 10^{12} \text{ km}$$

Um ano-luz equivale, portanto, a quase 9 trilhões e 500 bilhões de quilômetros. Embora este valor nos pareça muito grande, excetuando-se os astros do Sistema Solar, todos os demais estão à distâncias superiores a um ano-luz.

A estrela mais próxima do Sol - a Alpha Centauri - está a 4,34 anos-luz. A galáxia de Andrômeda (NGC 224 = M 31) está a pouco mais de 2 milhões de anos-luz e já foram detectados quasares com distâncias superiores a 12 bilhões de anos-luz!

É interessante notar que em decorrência das grandes distâncias dos astros, o universo hoje observado não corresponde a uma imagem atualizada no tempo, mas a uma imagem do passado: um passado muito distante e em diferentes épocas. Os valores das distâncias, expressos em anos-luz, nos dão uma idéia mais clara sobre isso.

Os astros observados em uma noite límpida estão, cada um deles, a diferentes distâncias da Terra. Alpha Centauri está a 4,34 anos-luz e isto significa que a sua luz partiu em direção ao sistema solar há pouco mais de 4 anos e 4 meses. A imagem da galáxia de Andrômeda que hoje vemos corresponde ao que ela era a cerca de 2 milhões de anos, quando o homem estava aparecendo na face da Terra. Há mais de 10 bilhões de anos, quando a luz do quasar OQ 172 iniciou sua jornada pelo espaço, o Sistema Solar ainda nem havia se formado!

O astrônomo tem portanto, diante de si, um laboratório incrivelmente rico, podendo observar os astros em diferentes épocas e, também, em distintos estágios de suas evoluções.

II.1 - TEMPO-LUZ :

Não só as grandes distâncias podem ser expressas utilizando-se a distância percorrida pela luz em determinado intervalo de tempo (no caso anterior, o ano). Podemos, também, avaliar as distâncias dos planetas ao Sol, ou à Terra, calculando-as em função do tempo empregado pela luz em percorrê-las: elas passam a ser, então, representadas em tempo-luz. O conhecimento da distância de um planeta à Terra em tempo-luz, apresenta várias utilidades práticas em Astronomia, como a determinação da diferença entre a posição geométrica e a observada desse planeta, a previsão do tempo de envio e recepção de um sinal a uma sonda espacial que o esteja circundando e etc.

A título de exemplo estão calculadas adiante as distâncias de alguns astros do sistema solar, utilizando-se o tempo-luz, isto é, o intervalo de tempo ($\Delta t = d/c$) empregado pela luz para percorrer a distância do astro considerado à Terra.

EXEMPLO 2: A distância média Terra-Sol é de 149.597.870 km (1UA). A unidade astronômica será, então, percorrida em

$$\Delta t = 149.597.870 \text{ km} / 299.792,458 \text{ km.s}^{-1} = 499,004 \text{ 782 s} \cong 8^{\text{min}} 19^{\text{s}}$$

EXEMPLO 3: A distância Terra-Lua é, em média, de 384.400 km. O intervalo de tempo (Δt) necessário para que a luz percorra essa distância é:

$$\Delta t = 384.400 \text{ km} / 299.792,458 \text{ km.s}^{-1} = 1,28 \text{ s}$$

EXEMPLO 4: As mínimas distâncias da Terra ao planeta Júpiter ocorrem quando ele se encontra em oposição (figura 1). Nessas situações, a distância Terra-Júpiter é de 4,20 unidades astronômicas.

Em tempo-luz, será:

$$\Delta t = 4,20 \times 499 = 2095,8 \text{ s} = 35^{\text{min}}$$

aproximadamente

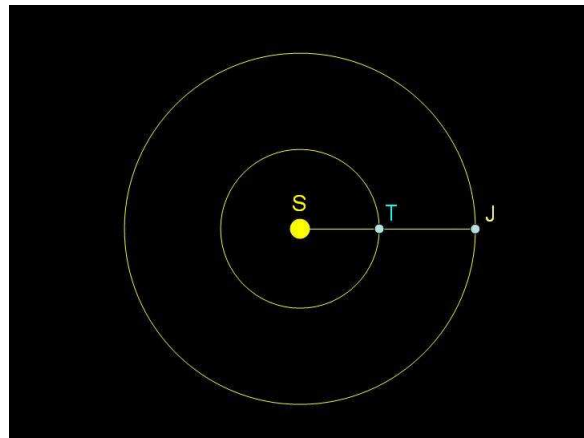


Fig. 1 - O planeta Júpiter em oposição.

EXEMPLO 5: O planeta-anão Plutão tem distância média ao Sol de 39,5 UA, aproximadamente. Quando em oposição, encontra-se a 38,5 UA da Terra. Nessa situação, sua luz demora:

$$\Delta t = 38,5 \times 499 \text{ s} = 19.211,5 \text{ s} \cong 5^{\text{h}} 20^{\text{min}}$$

para chegar ao nosso planeta.

III - PARSEC (pc)

No trabalho diário os astrônomos empregam outra unidade, muito mais cômoda, denominada parsec. A compreensão do que representa a distância de um parsec requer o conceito prévio de paralaxe estelar.

III.1 - PARALAXE ESTELAR (p) :

Chama-se paralaxe estelar ou paralaxe trigonométrica o ângulo subtendido pela unidade astronômica quando observada, perpendicularmente, a partir de um astro (ângulo reto no Sol). Na figura abaixo, estão representados, respectivamente a Terra, o Sol e um astro não pertencente ao Sistema Solar (no exemplo, uma estrela).

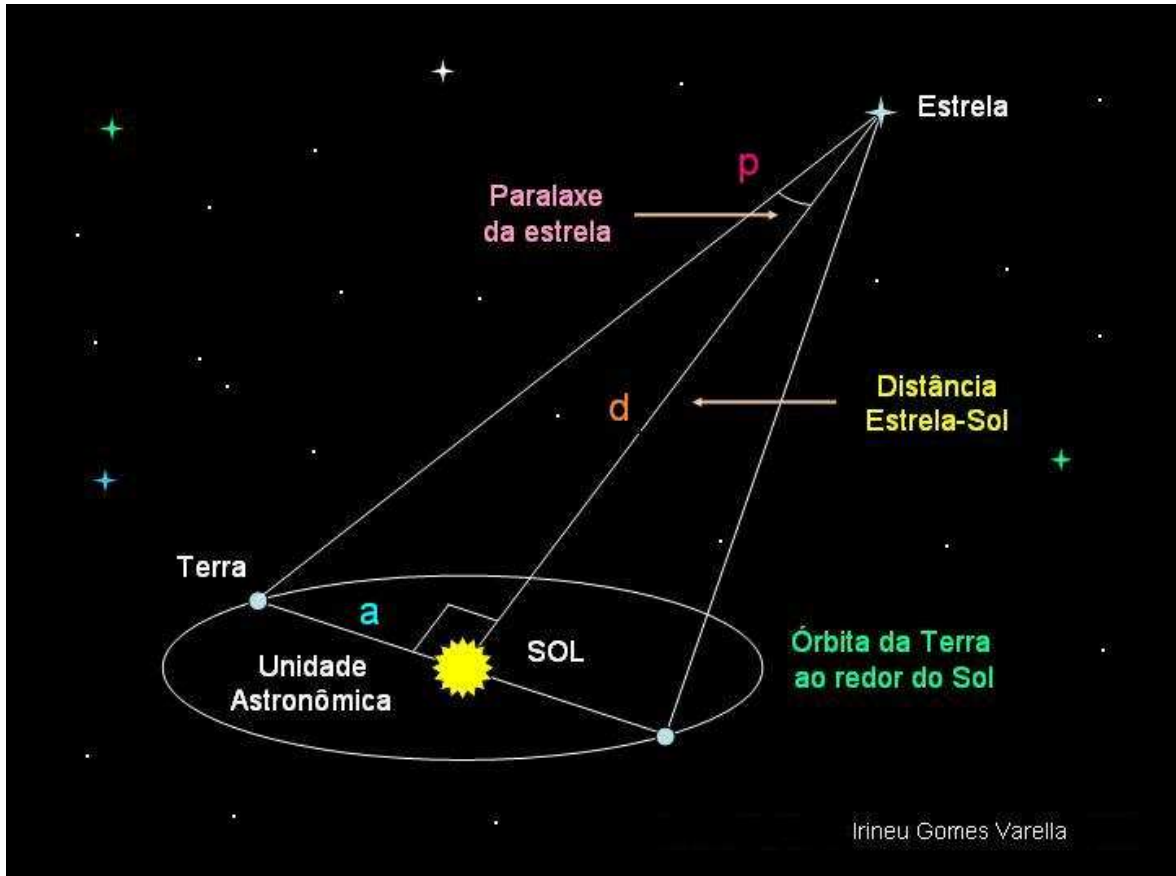


Fig.2 - Paralaxe estelar

A órbita da Terra, embora elíptica, será considerada circular e com raio igual a uma unidade astronômica. O ângulo \widehat{SET} representado por p é a paralaxe do astro considerado. No triângulo retângulo TSE (Terra-Sol-Estrela), considerando $TS = a$ (unidade astronômica) e $SE = d$, a distância do astro ao Sol, obtemos:

$$\tan p = a / d$$

O ângulo p é muito pequeno e podemos considerar o valor de sua tangente trigonométrica aproximadamente igual ao seu valor expresso em radianos, isto é, $\tan p = p_{rd}$ e, portanto, $p_{rd} = a / d$

Os instrumentos astronômicos são construídos, no entanto, para determinar ângulos em unidades sexagesimais, isto é, em graus, minutos e segundos de arco e não em radianos. A expressão anterior, que fornece a paralaxe da estrela em radianos, necessita ser modificada para as unidades usuais das medidas fornecidas pelos instrumentos de uso na Astronomia. Tendo-se em conta que o valor de um ângulo expresso em radianos - p_{rd} - relaciona-se com sua medida p'' em segundos de arco por:

$$p_{rd} = p'' / 206.265''$$

segue-se que

$$p'' = 206.265'' \cdot a / d$$

onde a e d devem estar expressos nas mesmas unidades.

A distância d pode ser, então, obtida a partir da relação anterior por:

$$d = 206.265'' a / p'' \quad \dots\dots\dots(1)$$

Desde que seja possível determinar o ângulo de paralaxe p , a distância do astro considerado será conhecida.

III.2 - O PARSEC :

O parsec é a distância que corresponde à paralaxe de um segundo de arco. Na figura 2, se o ângulo $p = \widehat{S\hat{E}T}$ tiver por valor $1''$, então a distância $d = SE$ será, por definição, igual a um parsec.

Na expressão (1), fazendo-se $p'' = 1''$, teremos $d = 1$ pc. Concluimos, então, que

$$1 \text{ pc} = 206.265 \text{ UA}$$

Tendo a unidade astronômica o valor de 149.597.870 km , segue-se que :

$$1 \text{ pc} = 206.265 \times 149.597.870 \text{ km} = 3,0857 \times 10^{13} \text{ km} \cong 3,086 \times 10^{13} \text{ km}$$

O termo parsec, originado da expressão "parallax of one second", é atribuído ao astrônomo inglês HERBERT HALL TURNER (1861-1930) e ressalta o fato das distâncias, nessa unidade, estarem relacionadas com o valor da paralaxe em segundos de arco. Como $d = 206.265'' \text{ a} / p''$ e, sendo $1 \text{ pc} = 206.265 \text{ UA}$, teremos:

$$d_{\text{pc}} = 1 / p''$$

Pode-se, então, obter a distância de um astro, em parsecs, apenas calculando o valor inverso de sua paralaxe, quando expressa em segundos de arco.

III.3 - RELAÇÃO ENTRE O PARSEC E O ANO-LUZ :

Podemos encontrar a equivalência entre o parsec e o ano-luz simplesmente dividindo os valores de ambos expressos, por exemplo, em quilômetros:

$$1 \text{ pc} / 1 \text{ a.l.} = 3,0857 \times 10^{13} \text{ km} / 9,4607 \times 10^{12} \text{ km} = 3,262$$

$$1 \text{ pc} = 3,262 \text{ a.l.}$$

A expressão abaixo permite encontrar a distância, em anos-luz, a partir do valor da paralaxe em segundos de arco:

$$d_{\text{a.l.}} = 3,262 / p''$$

EXEMPLO 6: A maior paralaxe estelar conhecida é a da estrela Alpha Centauri, cujo valor é $0,751''$. A sua distância, em parsecs, pode ser obtida por:

$$d_{\text{pc}} = 1 / 0,751 = 1,33 \text{ pc}$$

e, em anos-luz, $d_{\text{a.l.}} = 1,33 \times 3,262 = 3,262 / 0,751 = 4,34 \text{ a.l.}$

Para as grandes distâncias utilizam-se, ainda, os seguintes múltiplos do parsec:

(a) Quiloparsec (kpc) = 1.000 pc = 10^3 pc

(b) Megaparsec (Mpc) = 1.000.000 pc = 10^6 pc

(c) Gigaparsec (Gpc) = 1.000.000.000 pc = 10^9 pc

Outros múltiplos não são empregados pois as maiores distâncias conhecidas são da ordem de alguns gigaparsecs.

EQUIVALÊNCIAS ENTRE AS UNIDADES

$$1 \text{ pc} = 206.265 \text{ UA} = 3,262 \text{ a.l.} = 3,0857 \times 10^{13} \text{ km}$$

$$1 \text{ a.l.} = 63.240 \text{ UA} = 0,3066 \text{ pc} = 9,4607 \times 10^{12} \text{ km}$$

$$1 \text{ UA} = 149.597.870 \text{ km} = 499,004782 \text{ segundos-luz} = 4,848 \times 10^{-6} \text{ pc}$$



IRINEU GOMES VARELLA – Astrônomo nascido em São Paulo em 07 de setembro de 1952. É graduado em Física e em Matemática pela Universidade de São Paulo e com Pós-Graduação em Astronomia pela Universidade de São Paulo e pela Universidade Cruzeiro do Sul. Iniciou sua carreira no Planetário e Escola Municipal de Astrofísica de São Paulo em 1968, tendo sido Diretor Geral da Instituição de 1980 a 2002. Ministrou mais de uma centena de cursos e dezenas de palestras de Astronomia. Colaborou durante vários anos na edição do Anuário Astronômico do Instituto Astronômico e Geofísico da USP. Escreveu dezenas de textos de divulgação e ensino de Astronomia publicados pelo Planetário de São Paulo e em jornais, revistas e outros periódicos de vários lugares do Brasil. Atualmente é professor da Escola Municipal de Astrofísica de São Paulo e ministra a disciplina "Sistema Solar" no curso de Pós-Graduação em Astronomia da Universidade Cruzeiro do Sul.