

# Distância focal (3): A imagem primária forma-se sempre no plano focal ?

Guilherme de Almeida

Este é o terceiro artigo de uma série de quatro dedicada ao conceito de distância focal, às suas implicações e ao modo de a modificar.

## A posição da imagem primária

Para os astrónomos, "os telescópios são para observar os astros e esses, à escala do telescópio, podem considerar-se infinitamente afastados". Eis uma frase mais que óbvia, que, apesar disso, nos vai ser útil.

Ao testar o telescópio em distâncias mais curtas, evitando longos trajectos da luz no ar, ou ao observar uma estrela artificial de modo a investigar a qualidade do instrumento de observação, sem os efeitos perniciosos da atmosfera, são situações que se colocam. Aí as distâncias deixam de ser astronómicas.

Dado um objecto muito afastado do telescópio, a imagem desse objecto forma-se no foco do telescópio", é o que muitas vezes se diz". No entanto, é necessário concretizar melhor essa e outras afirmações. Vejamos seguidamente alguns aspectos importantes.

1. O que é uma distância suficientemente grande ? Será que 50 m é "uma distância suficientemente grande ? E o que dizer de 200 m ? E de 1000 m ?
2. O foco é um ponto. É, concretamente, o ponto onde se cruzariam os raios luminosos que chegam à objectiva paralelos ao eixo principal do sistema óptico do telescópio (passariam todos pelo foco se o telescópio fosse perfeito). O foco que se encontra no eixo óptico principal é o "foco principal" (o eixo óptico principal é o eixo de simetria do sistema e também o eixo de revolução das suas superfícies ópticas) e quando se fala em "foco", apenas, é ao foco principal que nos referimos. No entanto, a imagem de um objecto *extenso* não se reduz a um ponto.
3. Podemos considerar tantos eixos ópticos secundários quanto queiramos, inclinados em relação ao principal, e para cada um deles há um foco (foco secundário). A fig. 1 ilustra este conceito para o caso de um refractor, por razões de simplicidade, embora as conclusões sejam aplicáveis a telescópios de qualquer configuração óptica. O conjunto de focos, o principal e o secundário, desenha uma superfície que nas vizinhança do foco principal se pode considerar plana: é o plano focal; considerando uma região mais extensa do plano focal veremos que se encurva, geralmente com a concavidade voltada para a objectiva: é a curvatura de campo, mais pronunciada nos instrumentos de relação focal mais curta (nota-se mais num  $f/5$  que num  $f/10$ ).

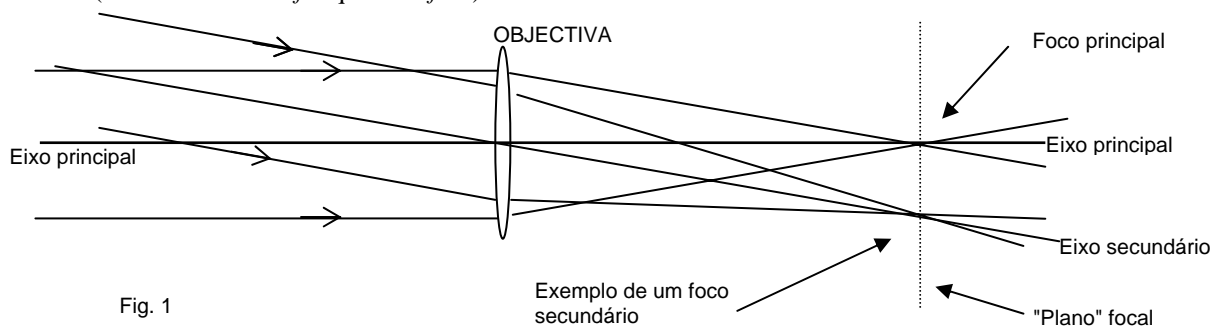


Fig. 1

## Deslocação da imagem em relação ao plano focal, para diferentes distâncias do objecto observado

Ao fazer observações e fotografias terrestres, a imagem forma-se mais atrás, isto é, a uma distância da objectiva ( $p'$ ) superior à distância focal (Fig. 2). Quanto mais próximo o objecto se encontrar do telescópio maior será a diferença  $p' - f$ . Isto é válido em qualquer tipo de telescópio. Para focar a imagem, o observador vai actuar de diferentes modos:

- a) Nos telescópios de distância focal fixa (reflectores de Newton, refractores), o observador actua na cremalheira ou outro sistema de focagem, de modo a recuar a ocular (em relação à posição da ocular nas observações astronómicas. Esse recuo vale  $p' - f$  e é tanto maior quanto mais próximo o objecto estiver. Nos telescópios catadióptricos em que a focagem *não se faça* movendo um dos espelhos, a situação é precisamente a mesma.
- b) Nos telescópios catadióptricos que fazem a focagem movendo o primário — solução adoptada pela maior parte dos fabricantes — a posição da ocular é fixa. O observador terá, assim de mover o primário, deslocando-o para trás (afastando-o ligeiramente do secundário), de modo a trazer a imagem nítida para o campo da ocular. Ao fazer isso, a distância focal efectiva do sistema diminui. Após a focagem, a imagem primária situa-se um pouco para além do plano focal por outras palavras,  $p' > f$ . Se a focagem se fizer movendo o secundário (solução pouco adoptada), ao refocar a imagem também diminui a distância focal efectiva do sistema.

## Determinação do recuo da imagem relativamente ao plano focal

É fácil determinar o recuo da imagem quando o objecto está relativamente próximo do telescópio. Justificaremos os cálculos utilizados, mas os leitores que não queiram seguir todos os passos podem utilizar a fórmula final ou a tabela incluída.

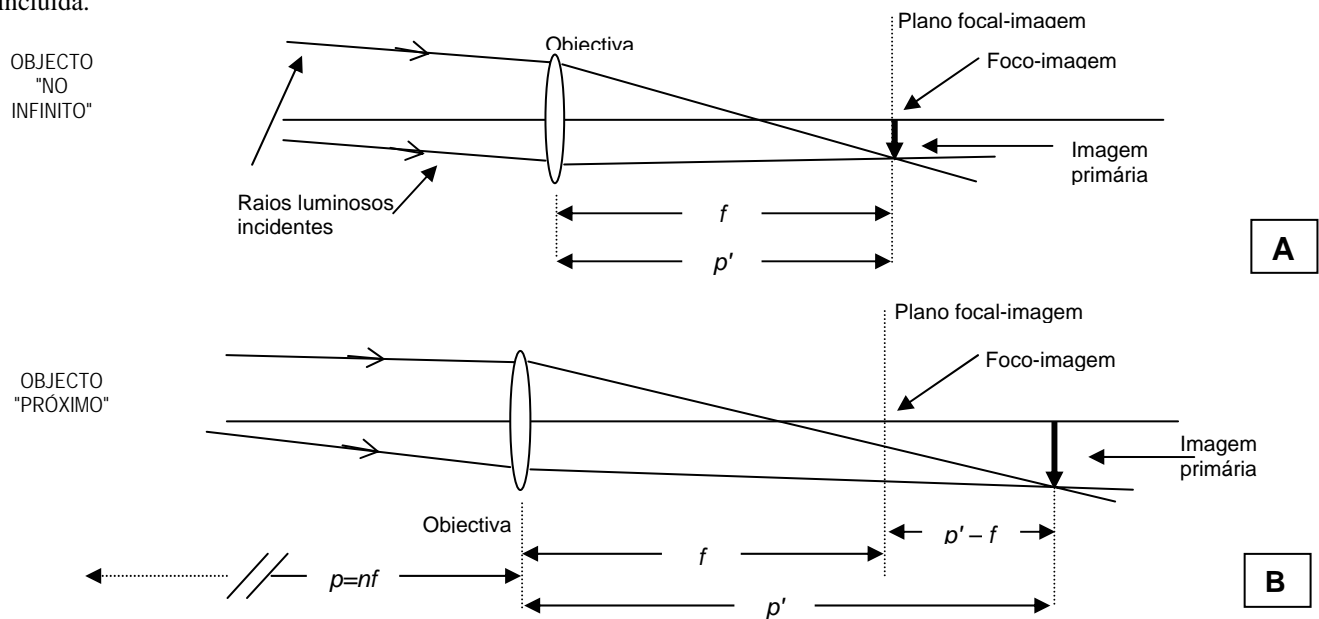


Fig. 2 – Distância da imagem à objectiva, para diferentes distâncias do objecto. A – objecto infinitamente afastado; B – objecto relativamente próximo (situação muito exagerada para maior clareza).

Para o cálculo, começamos por recorrer à conhecida equação de Gauss dos pontos conjugados,

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \quad [\text{equação n.º 1}],$$

onde  $f$  é a distância focal da objectiva,  $p$  a distância do objecto à objectiva e  $p'$  a distância entre a imagem produzida e a objectiva (Fig. 2). Com estas indicações a equação aplica-se directamente aos refractores e aos reflectores. No caso dos catadióptricos, para não cometer erros grosseiros  $f$  é a distância focal *equivalente*, a distância  $p'$  mede-se até ao plano principal-imagem e  $p$  pode ser considerada, com razoável aproximação, entre o objecto e a lente correctora. Na prática pode ter maior interesse conhecer  $p' - f$  (quanto é que o plano da imagem nítida recua, para o lado do observador, em relação à posição do foco), do que conhecer o próprio  $p'$ .

Consideremos que a distância do objecto ao telescópio é medida em distâncias focais, ou seja, tomando a distância focal do telescópio como unidade. Nestas condições podemos escrever

$p = nf$  [equação.º 2], ou seja, estamos a considerar que a distância  $p$  mede  $n$  distâncias focais com valores de  $n$  geralmente grandes. Substituindo, em seguida, a segunda equação na primeira obtém-se facilmente

$$\frac{1}{p'} = \frac{n-1}{nf}, \text{ e consequentemente } p' = \frac{nf}{n-1} \quad [\text{equação n.º 3}].$$

Portanto, a imagem forma-se a uma distância da objectiva que excede a distância focal em

$$p' - f = \frac{nf}{n-1} - f = \frac{f}{n-1} \quad [\text{equação n.º 4}].$$

Os valores da tabela seguinte contêm alguns caso de interesse, calculados de acordo com as equações 3 e 4.

Valores de $p'$ e de $p' - f$ para diversos valores de $p$									
$p$	$10f$	$20f$	$50f$	$100f$	$200f$	$500f$	$1000f$	$2000f$	$5000f$
$p'$	$1,1111f$	$1,0526f$	$1,0204f$	$1,0101f$	$1,0050f$	$1,0020f$	$1,0010f$	$1,0005f$	$1,0002f$
$p' - f$	$0,1111f$	$0,0526f$	$0,0204f$	$0,0101f$	$0,0050f$	$0,0020f$	$0,0010f$	$0,0005f$	$0,0002f$

Exemplo de consulta: num refractor de 1000 mm (1metro) de distância focal, um objecto a 200 m da objectiva produzirá uma imagem a 1005 mm do plano principal-imagem da objectiva, ou seja 5 mm mais longe desta do que se o objecto se encontrasse infinitamente afastado. ■

Guilherme de Almeida  
(CTT da APAA)