

Física Experimental IV

<https://edisciplinas.usp.br/course/view.php?id=90535>

2º Semestre 2021

Exp. 2 – Computador Óptico

Atividade 4 – Simulação, plano de Fourier

Semana 7 - 7/Outubro

Prof. Henrique Barbosa

hbarbosa@if.usp.br

<http://www.fap.if.usp.br/~hbarbosa>

REVISÃO

Cronograma

- 5 atividades:
 - **Atividade 1:** Estudo qualitativo de difração e interferência
 - **Atividade 2:** Estudo quantitativo de difração em fendas simples
 - **Atividade 3:** Processamento de imagens (ImageJ)
 - **Atividade 4:** Simulação do computador óptico, Plano de Fourier
 - **Atividade 5:** Aplicação do computador óptico, objeto vs. sua T.F.

Computador Óptico

Laser

Objeto

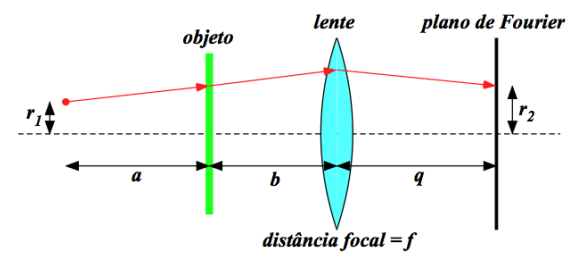
Lente 1

Vamos usar um anteparo
na posição do Plano de
Fourier



The image cannot be displayed. Your computer may not have enough memory to open the image, or the image may have been corrupted. Restart your computer, and then open the file again. If the red x still appears, you may have to delete the image and then insert it again.

Atividades

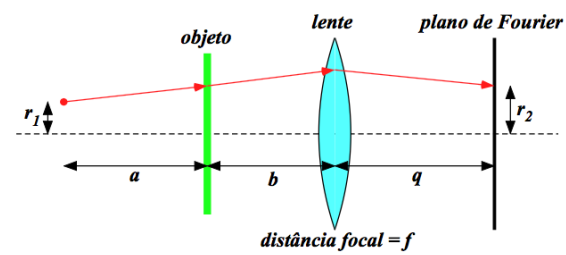


- Simular o computador óptico com o Optgeo
 - Variar a fonte: raios paralelos a fonte pontual
 - Variar a posição do objeto e da lente convergente
 - Medir o tamanho da transformada
- Objetivo: entender o funcionamento do computador óptico e a teoria por traz

Montagem

- Desenhe no Optgeo
 - A lente divergente (começar com $f_d=100\text{mm}$)
 - A **rede de difração** com 300 linhas/mm
 - mostrando as ordens $m= -1, 0, 1$
 - distante 200 mm da lente divergente
 - A lente convergente com $f_c = 200\text{ mm}$
 - Um feixe vermelho de 633 nm
 - 5 raios e diâmetro de 40 mm.

Análise



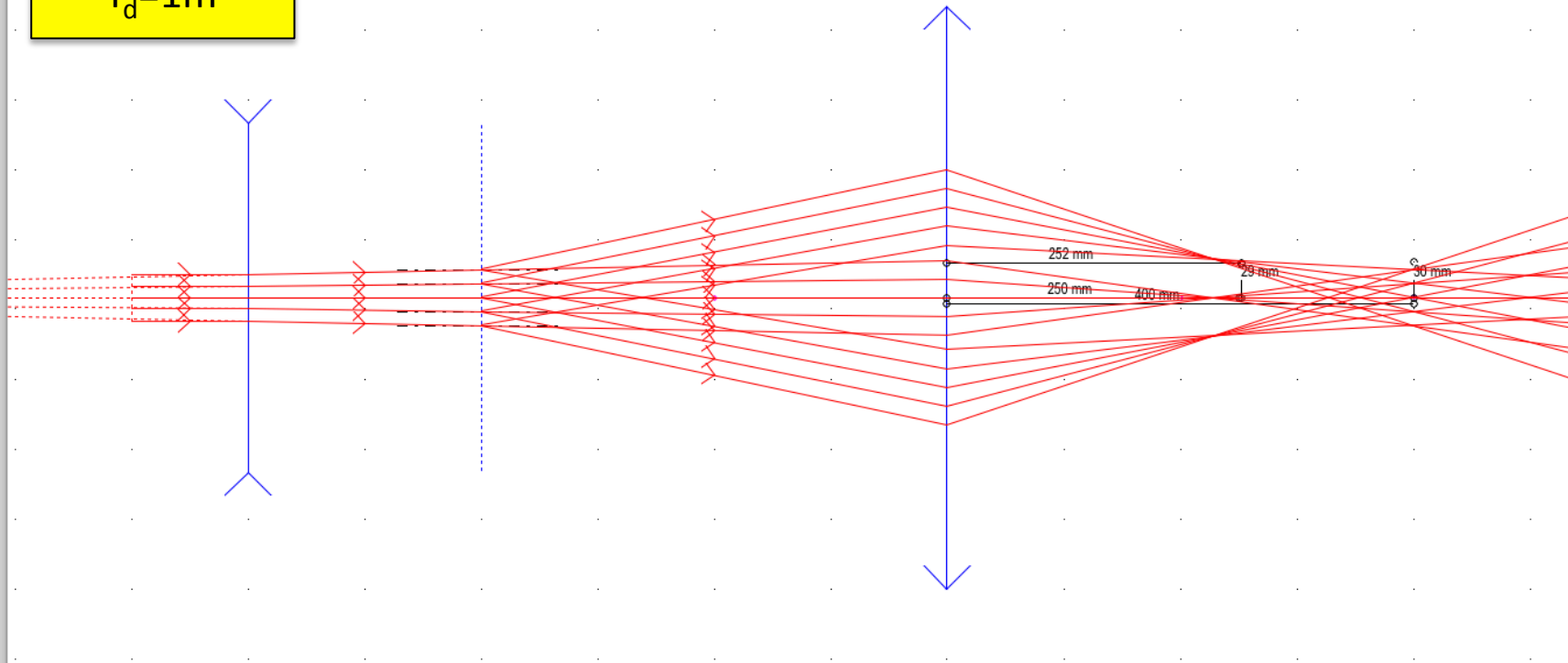
- Feixe paralelo:
 - Sem retirar a lente divergente, escolha um valor de f_d adequado para simular um feixe paralelo.
 - Valor grande (100m) $f_d \rightarrow \infty$

Work space: horiz: [0,2558]; vert: [0,1248]

Mirrors: Screens: Sources: Diopters:

Various: Show: Normals Angles of inc. and refr. Grid Attract (snap) to grid Coord. Zoom: x1

$f_d = 1\text{m}$



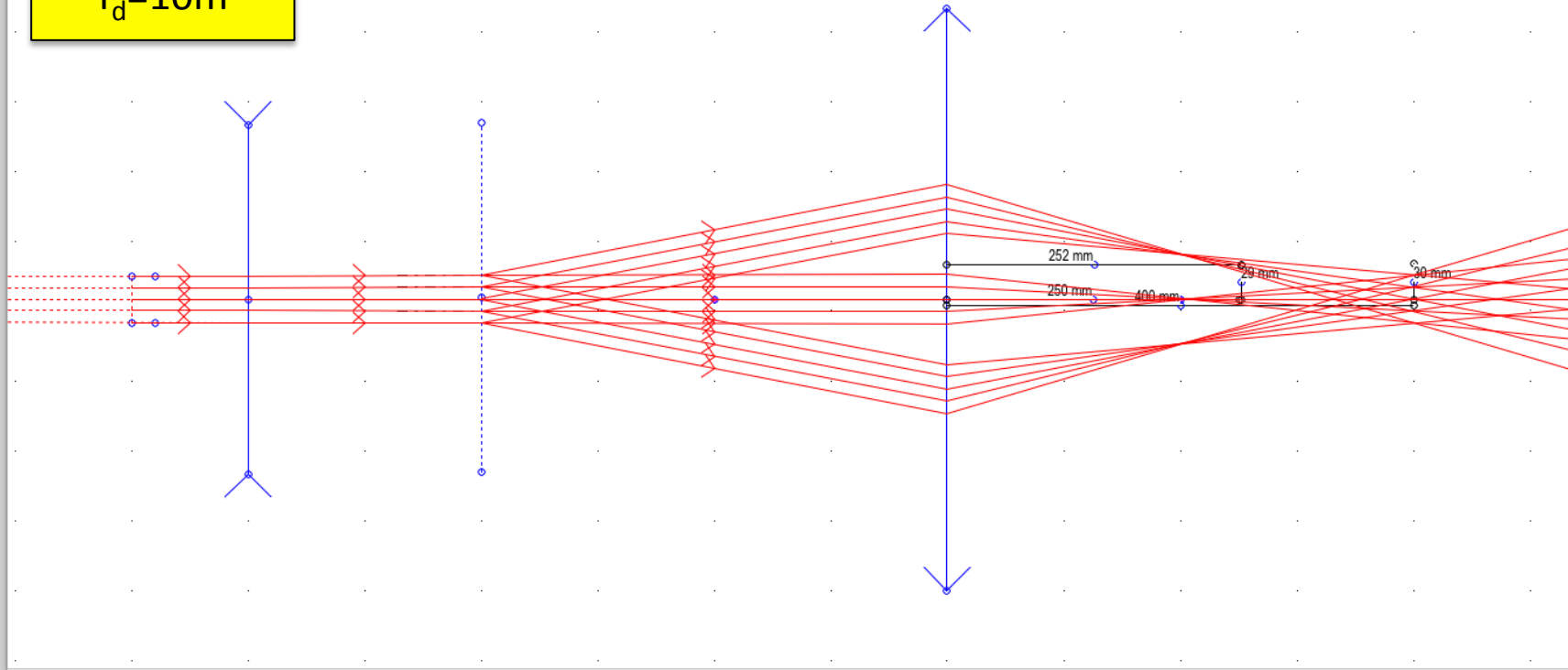
X=955±0.5mm Y=753±0.5mm

Work space: horiz: [0,2558]; vert: [0,1248]

Mirrors: Screens: Sources: Diopters:

Various: Show: Normals Angles of inc. and refr. Grid Attract (snap) to grid Coord. Zoom: x1

$f_d = 10m$



X=302±0.5mm Y=1001±0.5mm

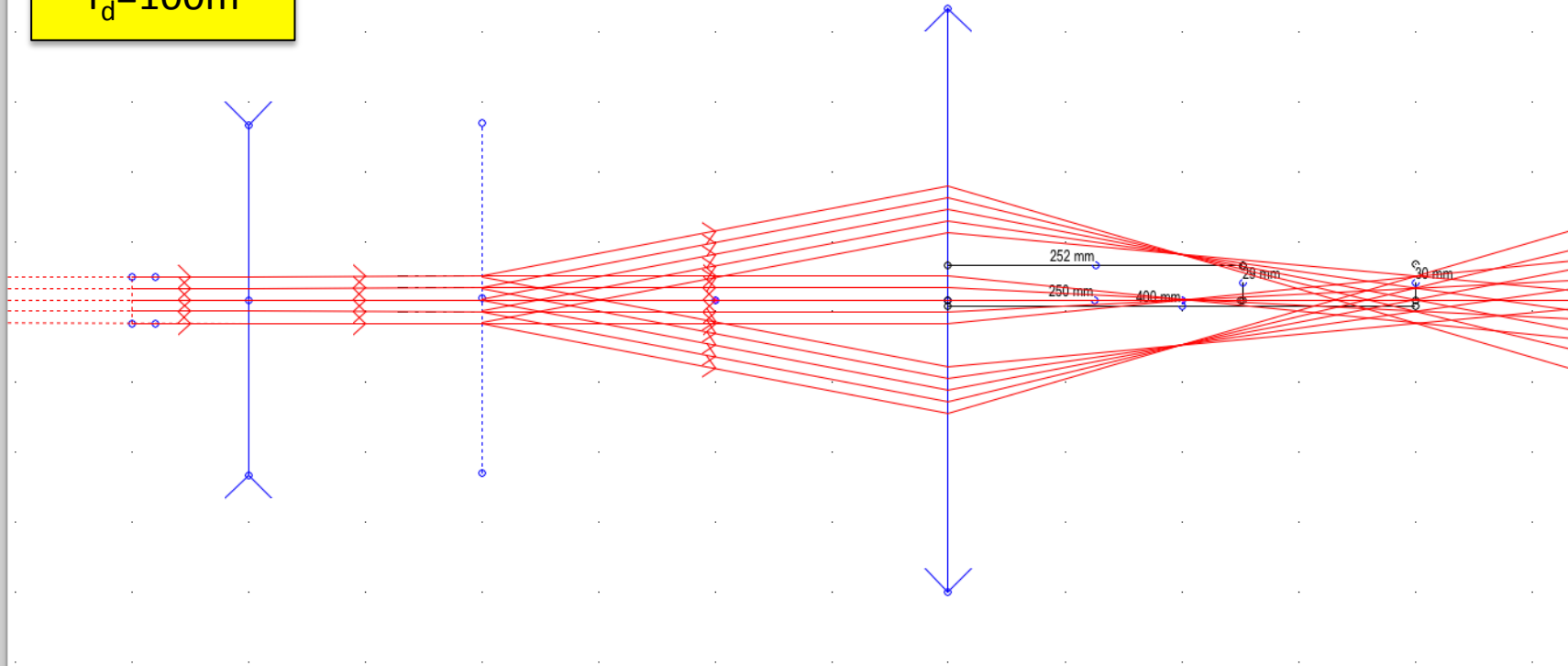
Mode: properties of element. Esc to cancel.

Work space: horiz: [0,2558]; vert: [0,1248]

Mirrors: Screens: Sources: Diopters:

Various: Show: Normals Angles of inc. and refr. Grid Attract (snap) to grid Coord. Zoom: x1

$f_d = 100\text{m}$



X=971±0.5mm Y=1146±0.5mm

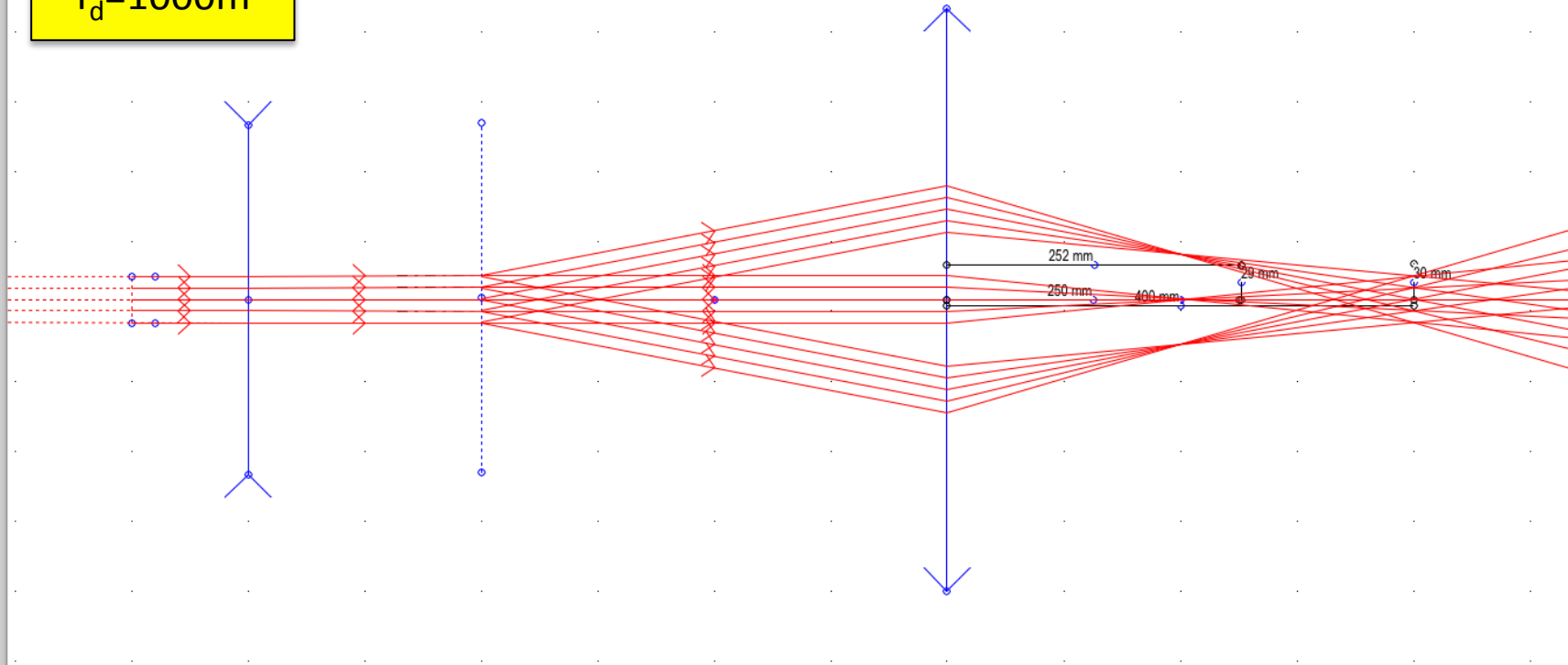
Mode: properties of element. Esc to cancel.

Work space: horiz: [0,2558]; vert: [0,1248]

Mirrors: Screens: Sources: Diopters:

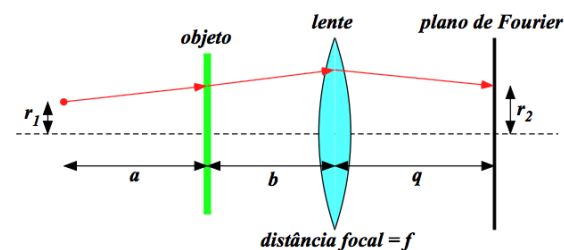
Various: Show: Normals Angles of inc. and refr. Grid Attract (snap) to grid Coord. Zoom: x1

$f_d = 1000\text{m}$



X=298±0.5mm Y=1000±0.5mm Click to show object's properties... Mode: properties of element. Esc to cancel.

Análise



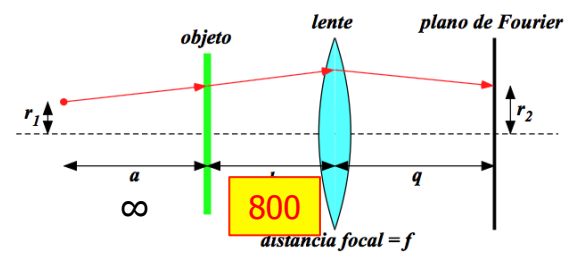
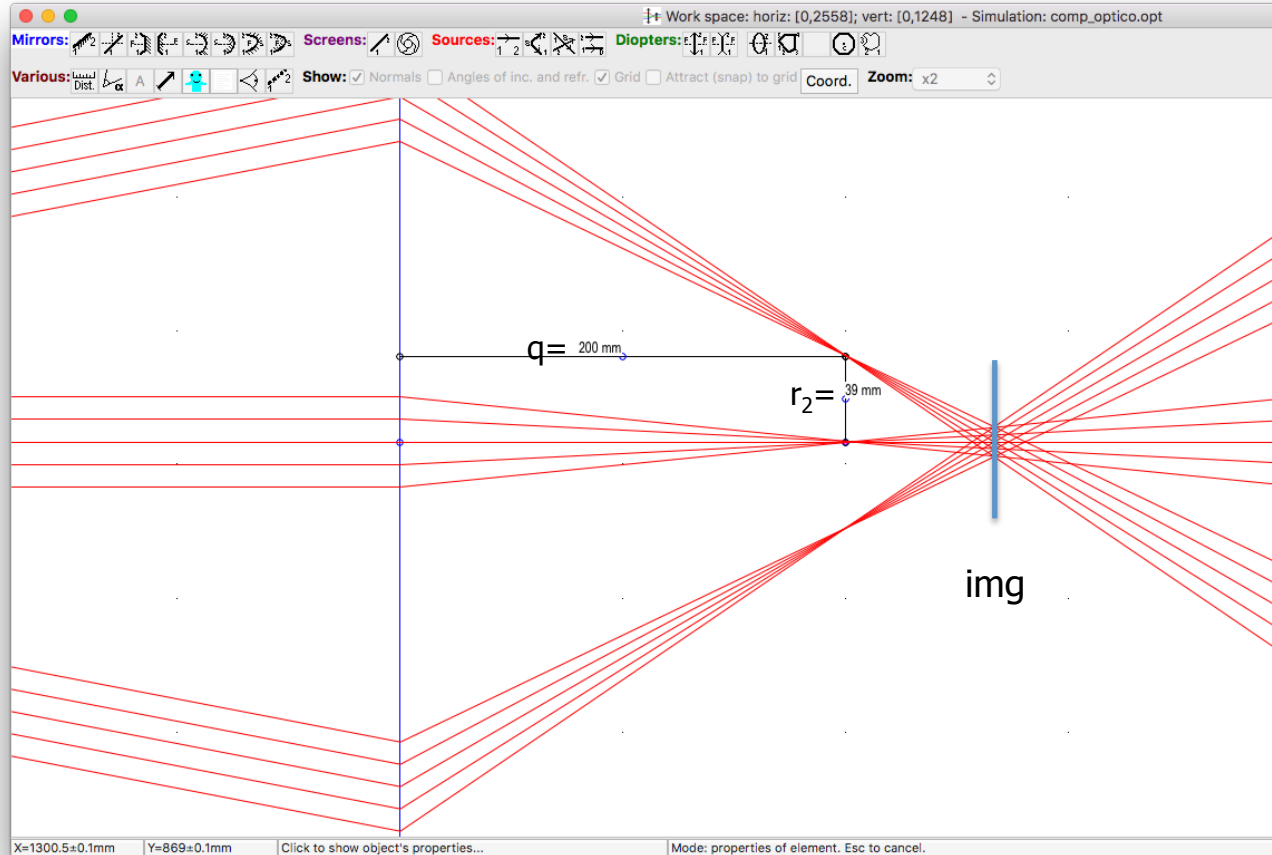
- Feixe paralelo:
 - Verificar o que acontece com o plano de Fourier e tamanho da imagem nesse plano ao se mover horizontalmente a lente convergente ou o objeto.

$$\frac{1}{q} = \frac{1}{f} - \frac{1}{a+b}$$

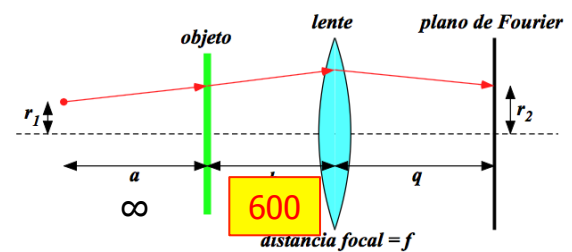
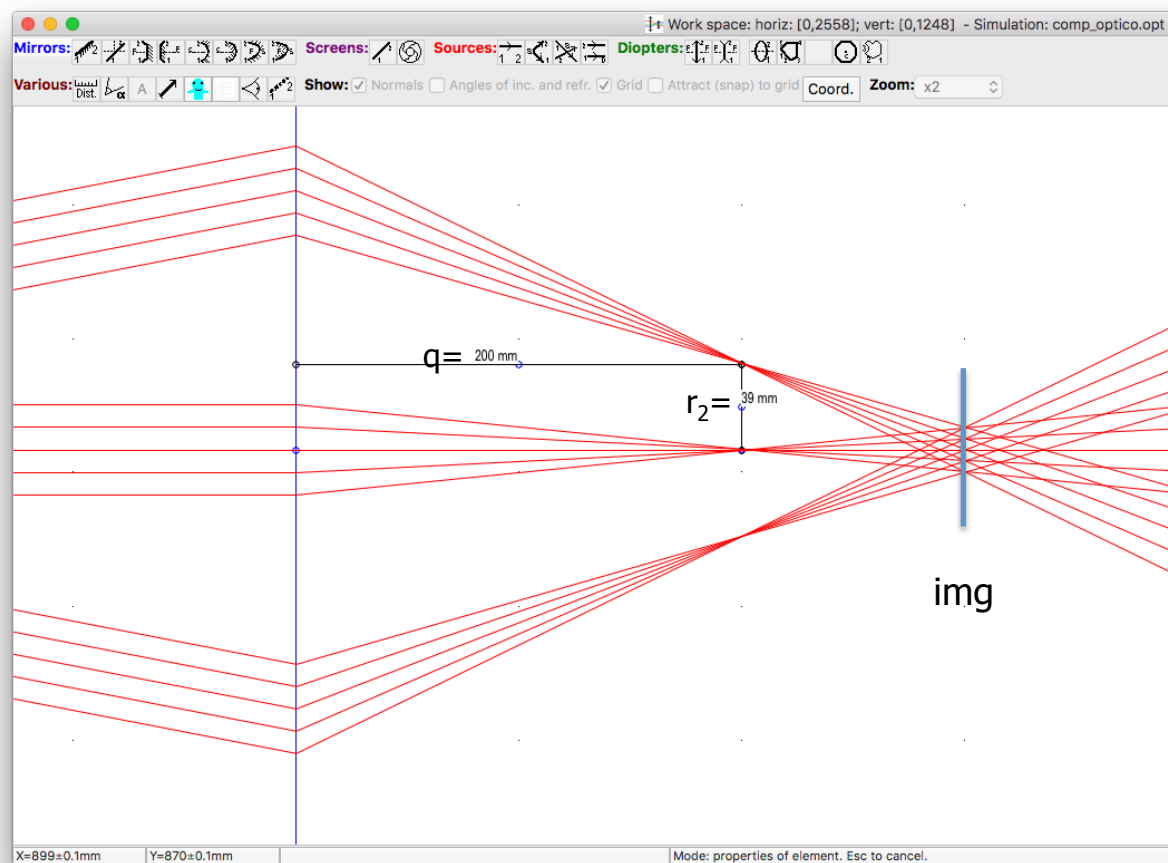
$$a \rightarrow \infty \Rightarrow q = f \quad \Rightarrow r_2 = f \frac{m\lambda}{d}$$

A TF aparece no plano focal, e o tamanho da TF é sempre o mesmo.

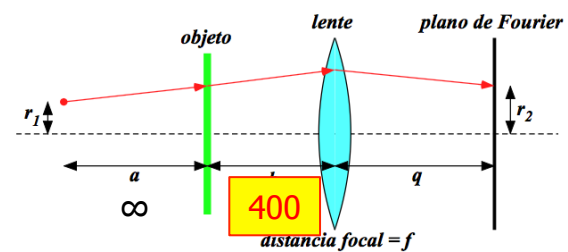
Aproximando a lente



Aproximando a lente



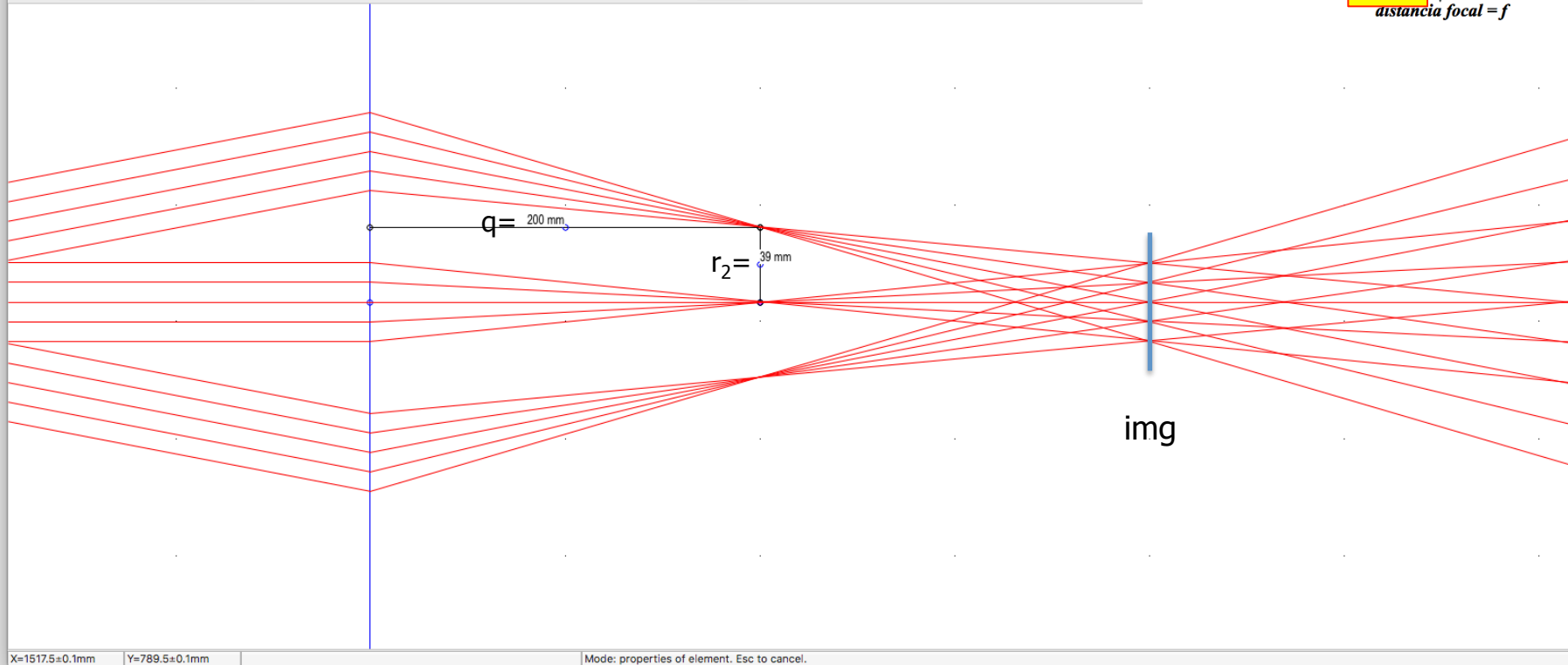
Aproximando a lente



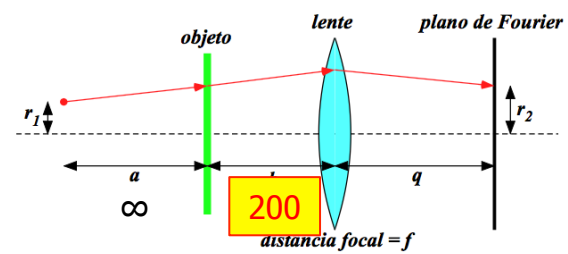
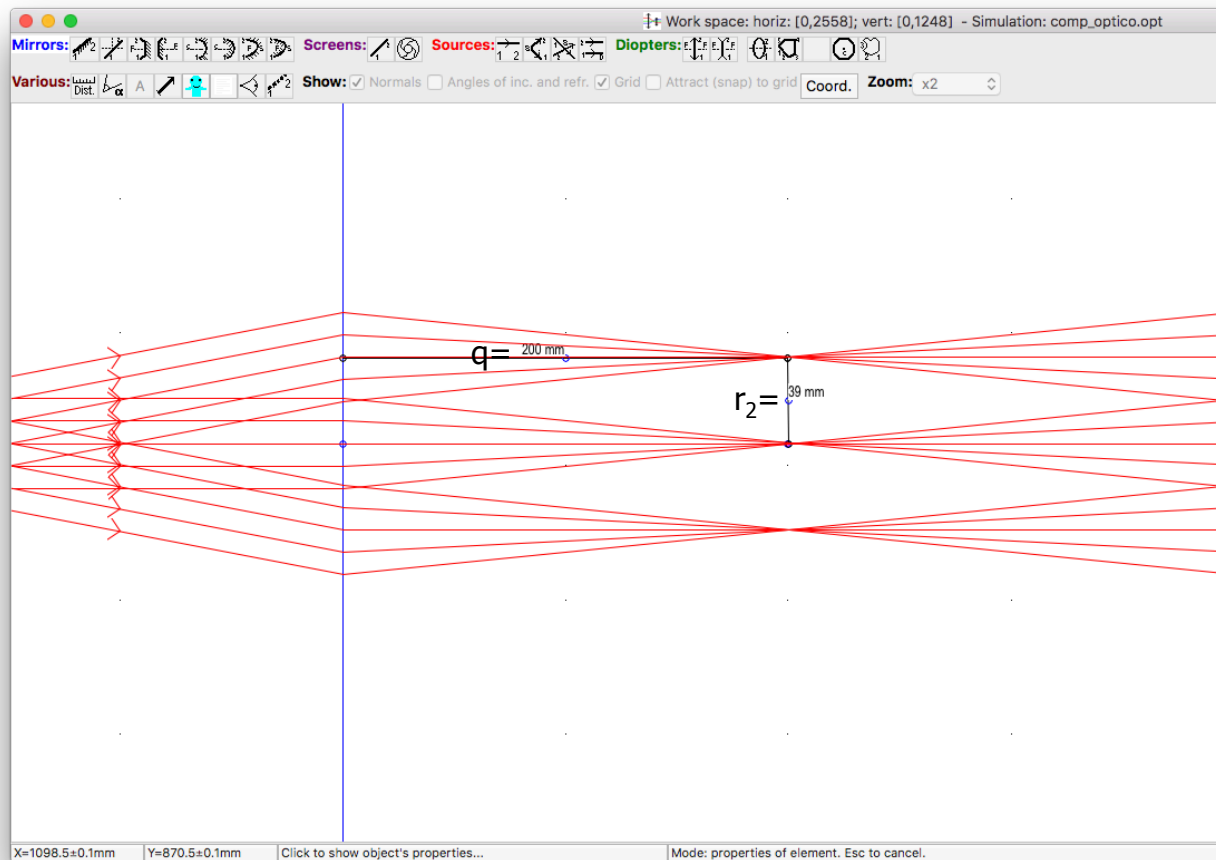
Work space: horiz: [0,2558]; vert: [0,1248] - Simulation: comp_optico.opt

Mirrors: Screens: Sources: Diopters:

Various: Show: Normals Angles of inc. and refr. Grid Attract (snap) to grid Coord. Zoom: x2

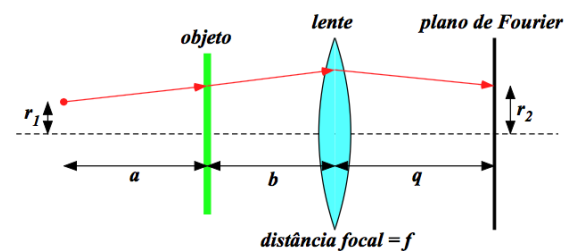


Aproximando a lente



img => ∞

Análise

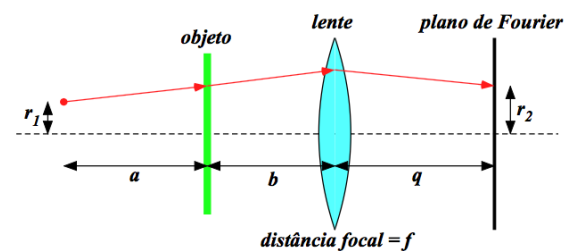


- Feixe paralelo:
 - Medir a posição do plano de Fourier e o tamanho da imagem nesse plano para $m = 1$ e comparar com o obtido por meio das equações.

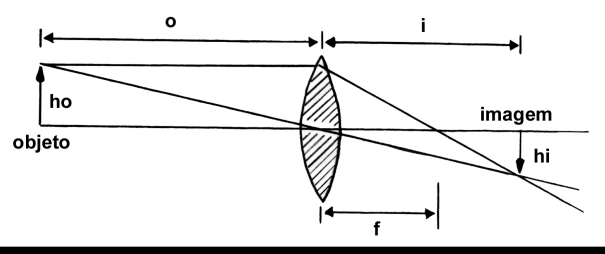
$$q = f = 200\text{mm}$$

$$r_2 = f \frac{m\lambda}{d} = 200\text{mm} \frac{1 \cdot 633\text{nm}}{1\text{mm} / 300} = 37.98\text{mm}$$

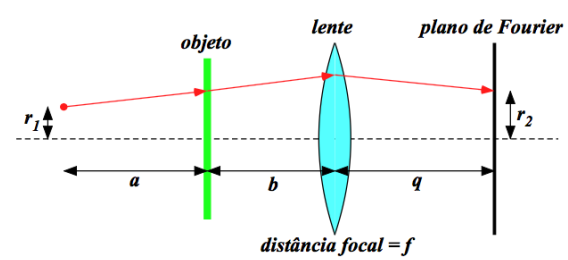
Análise



- Variar fd para simular diferentes distâncias (a) da fonte ao objeto.
 - casos $fd = 100$ mm e $fd = 400$ mm
- Variar a distância do objeto à lente convergente (b).
 - casos $b = 300$ mm e $b = 400$ mm.
- Nas 04 combinações possíveis
 - Determine a posição do plano de Fourier e tamanho da TF (para $m = 1$)
 - Comparar com o calculado com as equações de hoje
 - Determine a posição e tamanho da imagem
 - Compare com o calculado pelas equações de Gauss e do aumento linear



Imagem



- Na lei de Gauss, fazemos $o=b$:

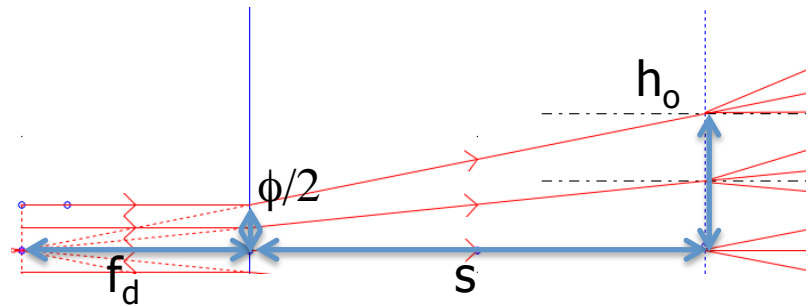
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{i} + \frac{1}{o} \Rightarrow i = \frac{bf}{b-f} \Rightarrow \frac{b}{f} = \frac{i}{i-f}$$

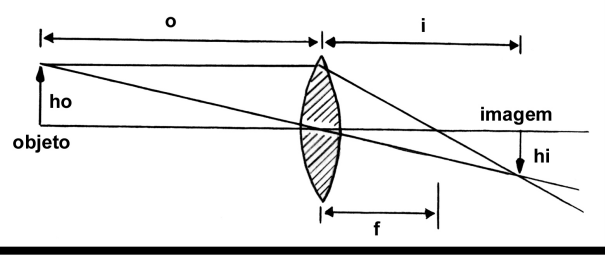
- Relação de triângulos:

$$\frac{h_o}{f} = \frac{h_i}{i-f} \Rightarrow \frac{h_o}{b} = \frac{h_i}{i} \Rightarrow h_i = i \frac{h_o}{b}$$

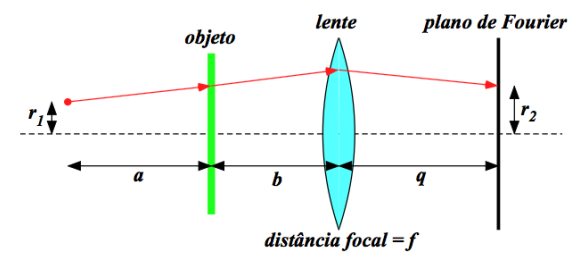
$$\Rightarrow h_i = \frac{h_o f}{b-f}$$

$$\frac{h_o}{a} = \frac{h_o}{f_d + s} = \frac{\phi/2}{f_d}$$





TF



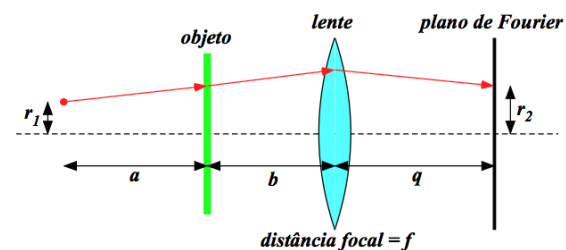
- Posição da TF:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{q} + \frac{1}{a+b} \Rightarrow q = \frac{f(a+b)}{a+b-f}$$

- Tamanho da TF:

$$r_2 = \left(b + q - \frac{bq}{f} \right) \frac{m\lambda}{d} = \left(\frac{af}{a+b-f} \right) \frac{m\lambda}{d}$$

Tudo em mm



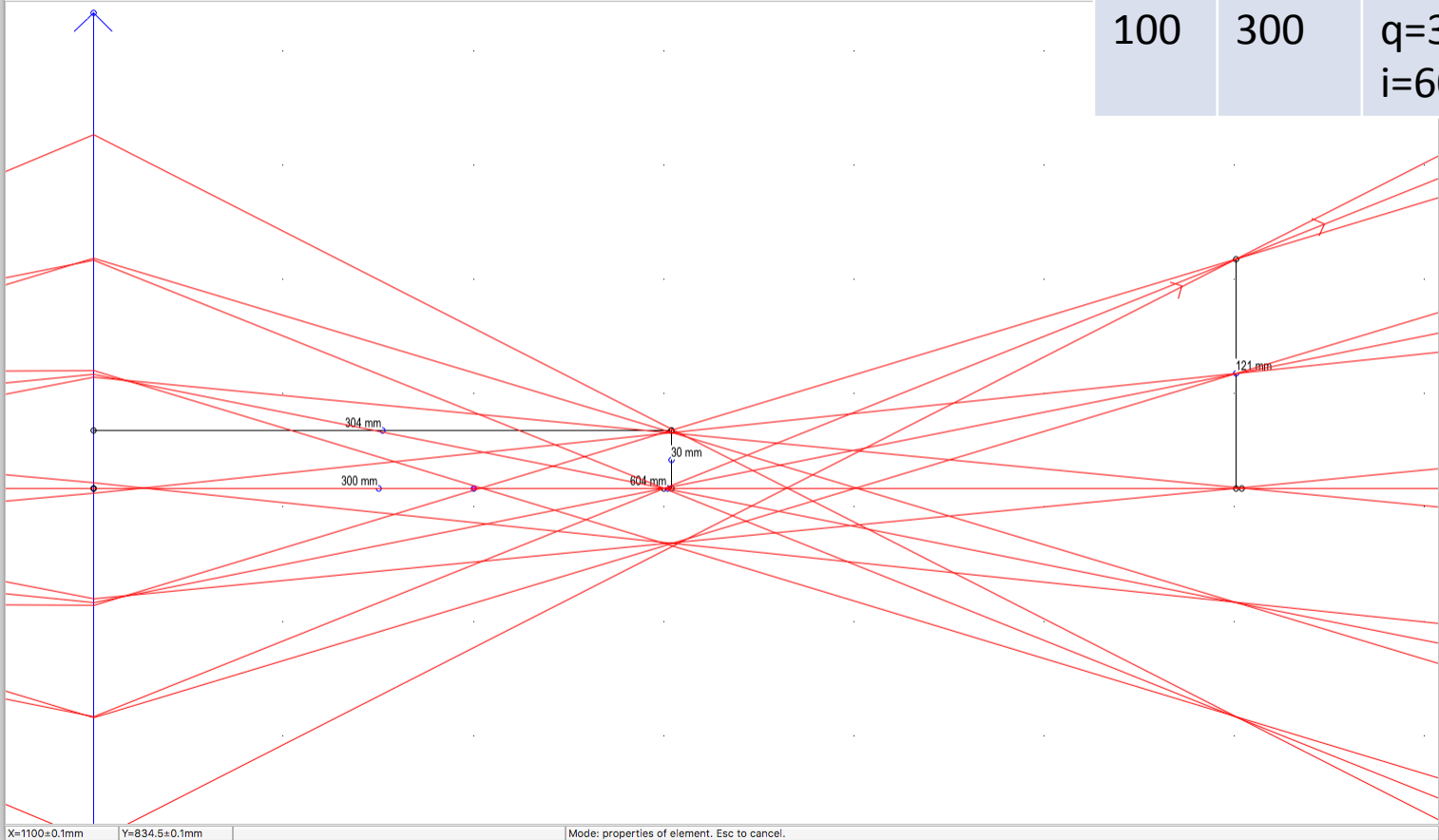
fd	a	b=300	b=400
100	300	q=300, $r_2=28.5$ i=600, $h_i=120$	q=280, $r_2=22.8$ i=400, $h_i=60$
400	600	q=257, $r_2=32.6$ i=600, $h_i=60$	q=250, $r_2=28.5$ i=400, $h_i=30$
∞	∞	q=200, $r_2=38$ i=600, $h_i=40$	q=200, $r_2=38$ i=400, $h_i=20$

$$i = \frac{bf}{b-f}$$

$$h_i = \frac{\phi/2}{f_d} \frac{af}{b-f}$$

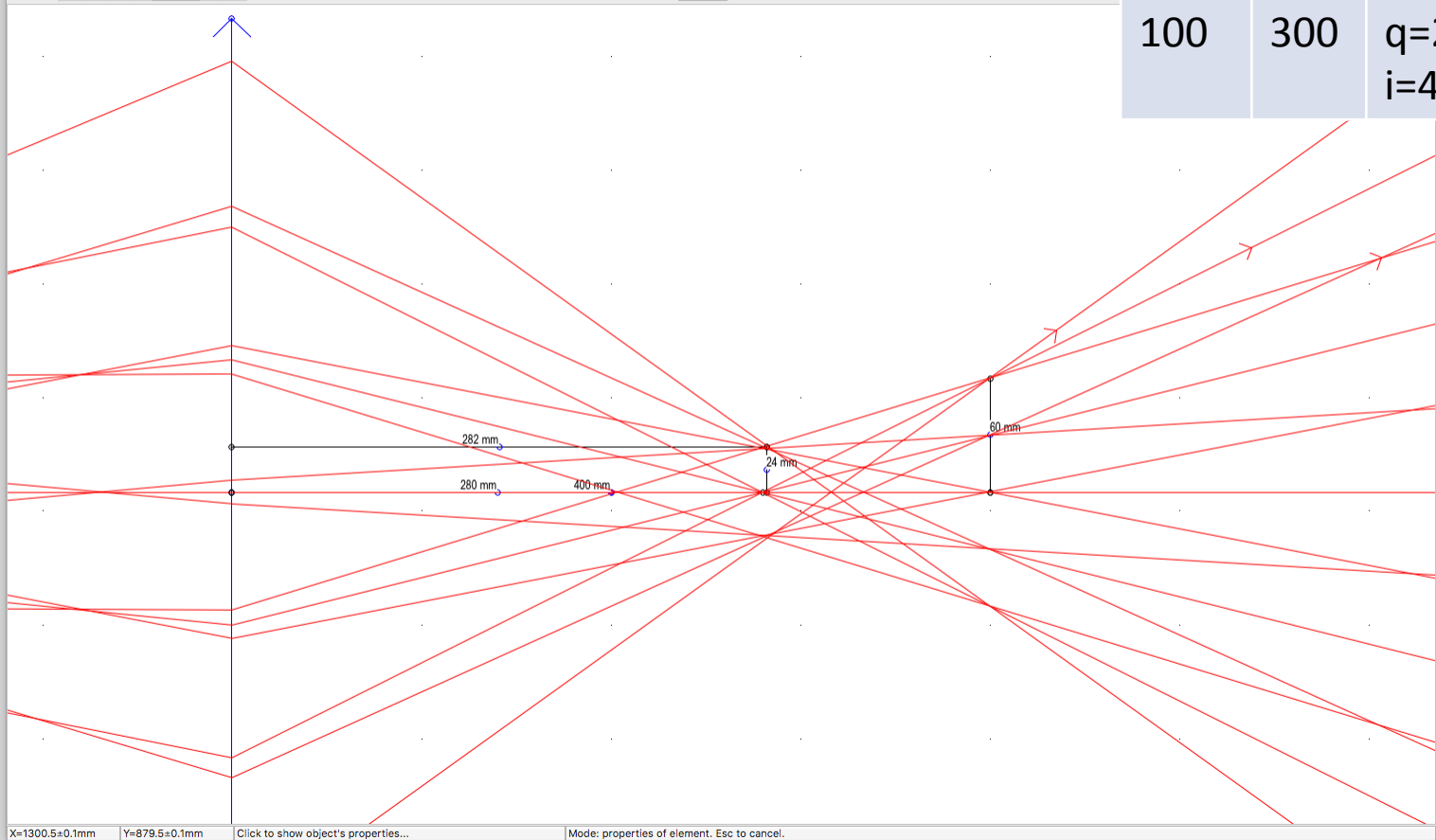
$$q = \frac{f(a+b)}{a+b-f}$$

$$r_2 = \left(\frac{af}{a+b-f} \right) \frac{m\lambda}{d}$$



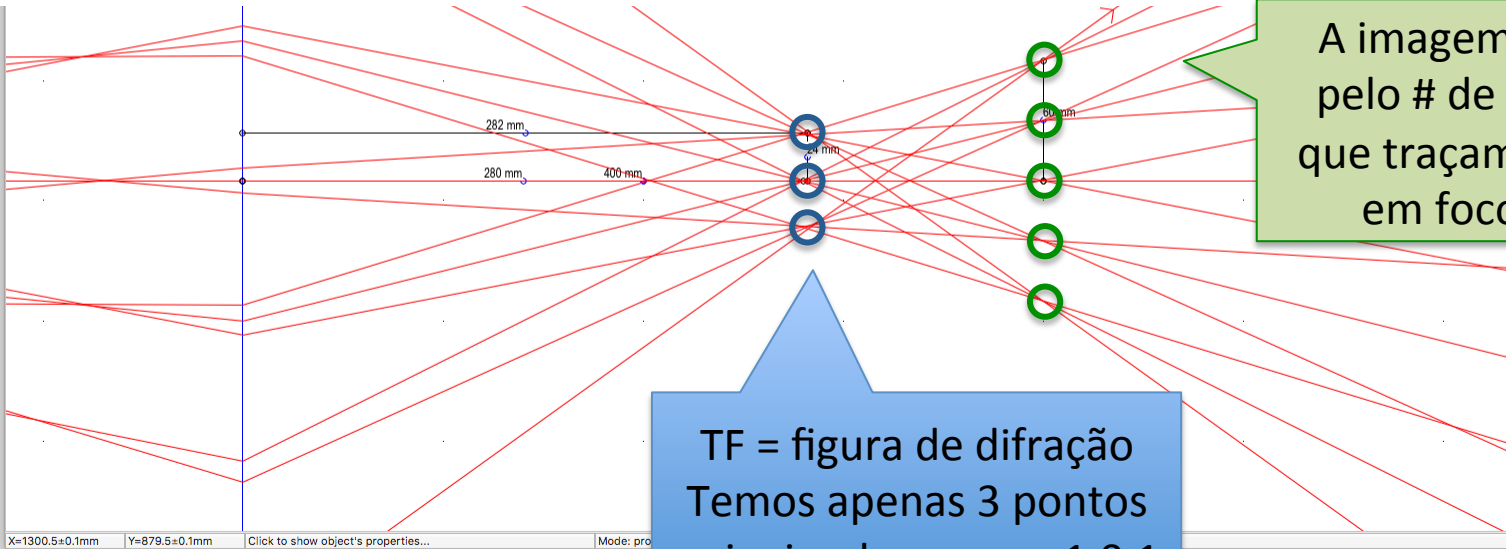
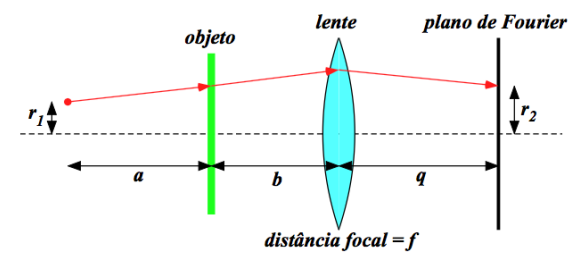
fd	a	b=300
100	300	$q=300, r_2=28.5$ $i=600, h_i=120$

fd	a	b=400
100	300	$q=280, r_2=22.8$ $i=400, h_i=60$



Discutir

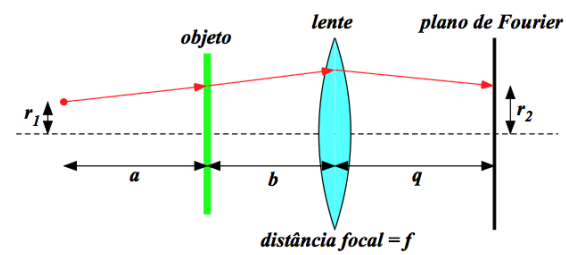
- Quantos pontos temos na TF? Porque?
- Quantos pontos temos na Imagem? Porque?



A imagem é formada pelo # de raios de luz que traçamos (imagem em foco, certo?)

TF = figura de difração
Temos apenas 3 pontos
pois simulamos $m=-1,0,1$

Discutir



- Observando o plano de Fourier e a imagem do objeto formada, vocês conseguem vislumbrar um filtro que possa eliminar, por exemplo, um ponto da extremidade da imagem? Justifique.

