

Física Experimental IV

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

2º Semestre 2021

Exp. 2 – Computador Óptico

Atividade 3 – Processamento de Imagens

Semana 6 - 30/Setembro

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.

Atividades

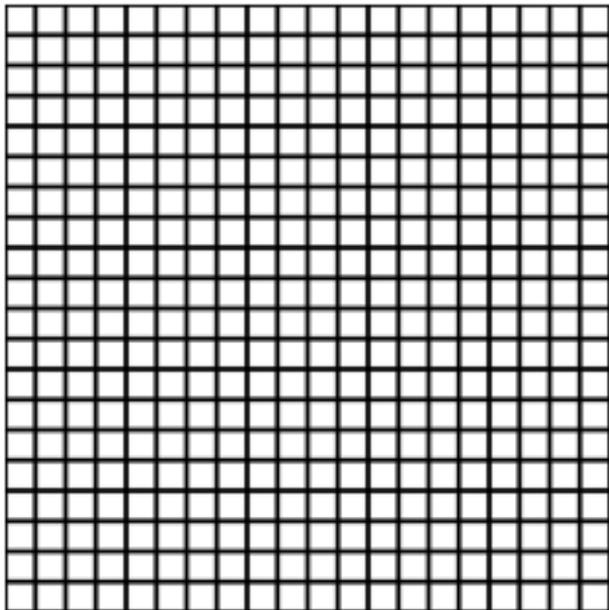
- Utilizar o programa ImageJ para o processamento das imagens usando a transformada de Fourier.
 - Determinar as dimensões dos objetos da imagem
 - Filtrar a imagem para obter os efeitos desejados

<http://rsbweb.nih.gov/ij/>

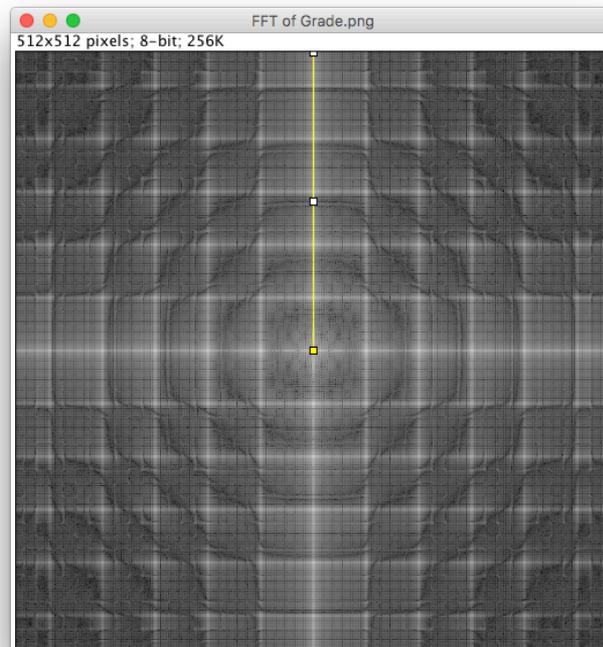
Análise

- Para cada atividade, apresente:
 - A imagem inicial
 - A transformada de Fourier da imagem inicial
 - Nos casos de filtragem
 - A imagem da TF com o filtro. Justificar porque o filtro é adequado
 - Imagem depois do filtro, i.e. transformada inversa
 - Nos casos quantitativos
 - Indicar os pontos que foram utilizados para determinar as dimensões pedidas e como foi feita a análise
 - Comente os resultados

1. Grade - determinar a densidade de linhas que a grade possui.

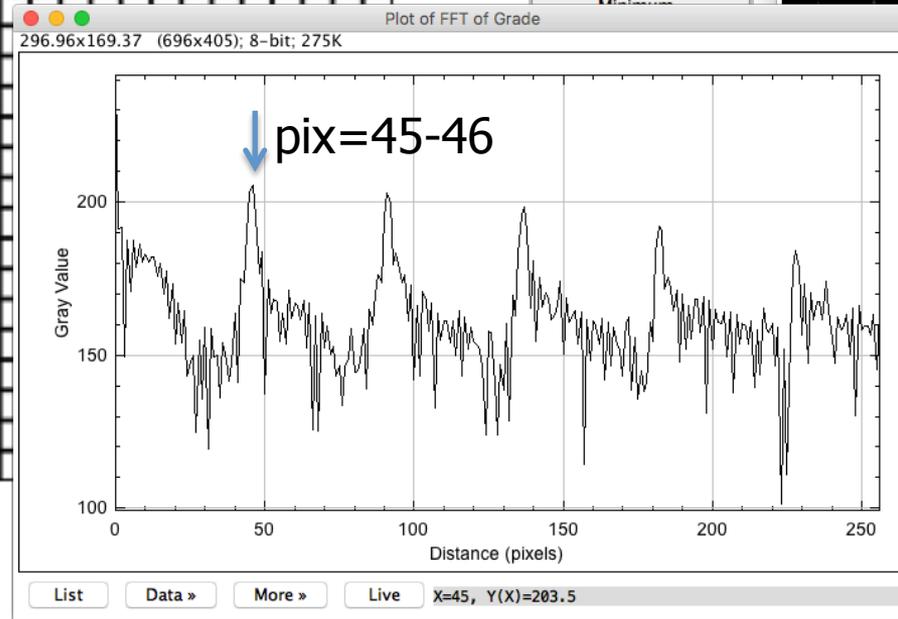
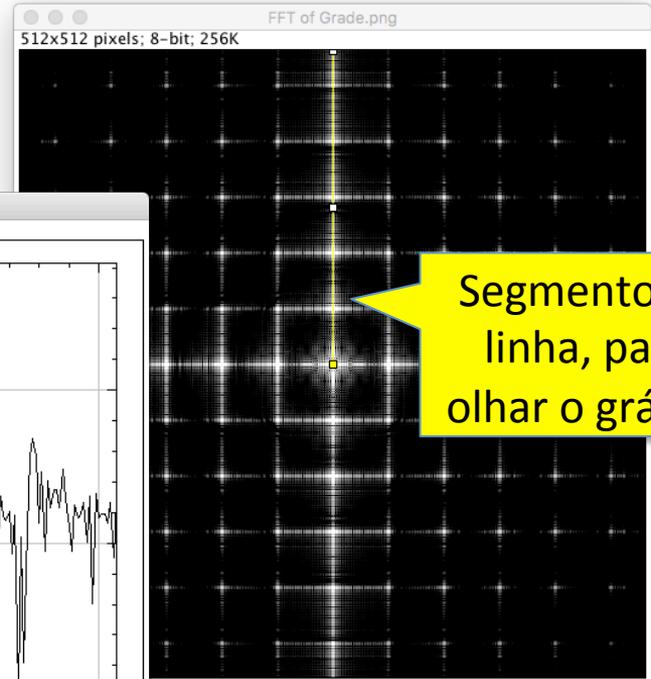
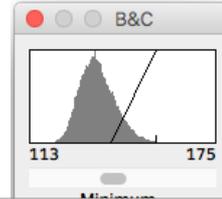
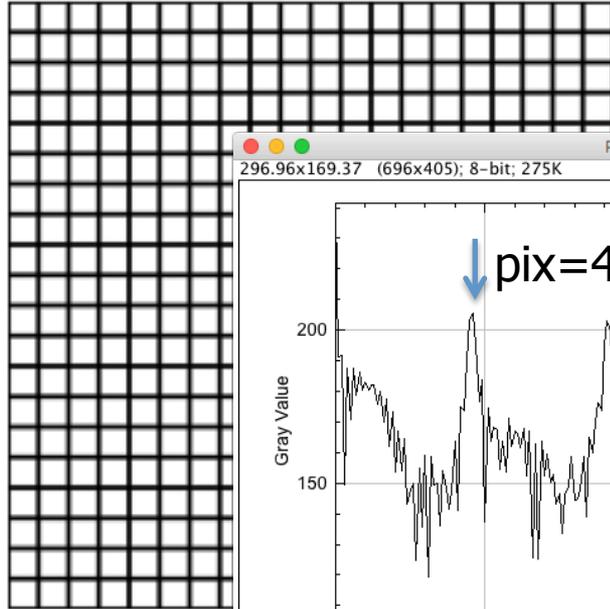


Fazendo a FFT da imagem



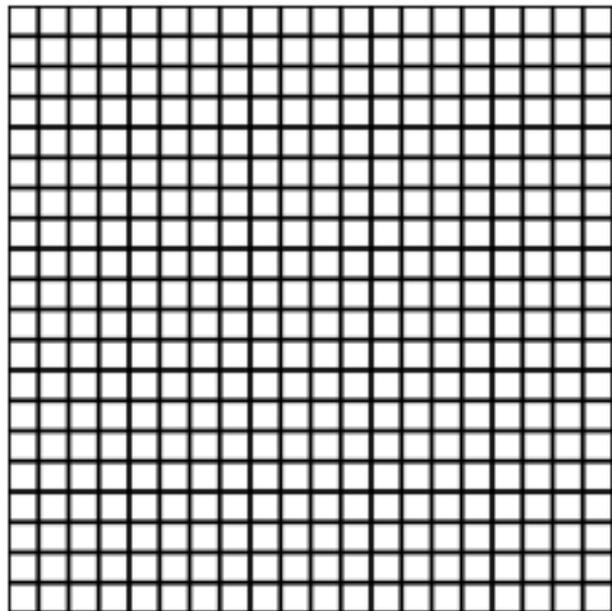
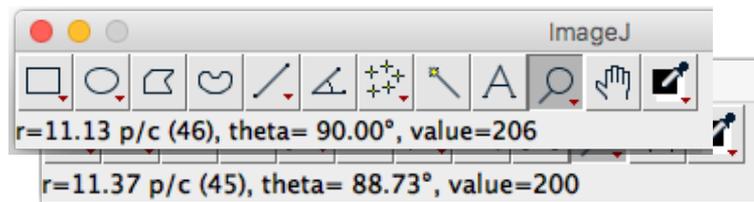
1. Grade - determinar a densidade de linhas que a grade possui.

Mexendo no brilho/contraste



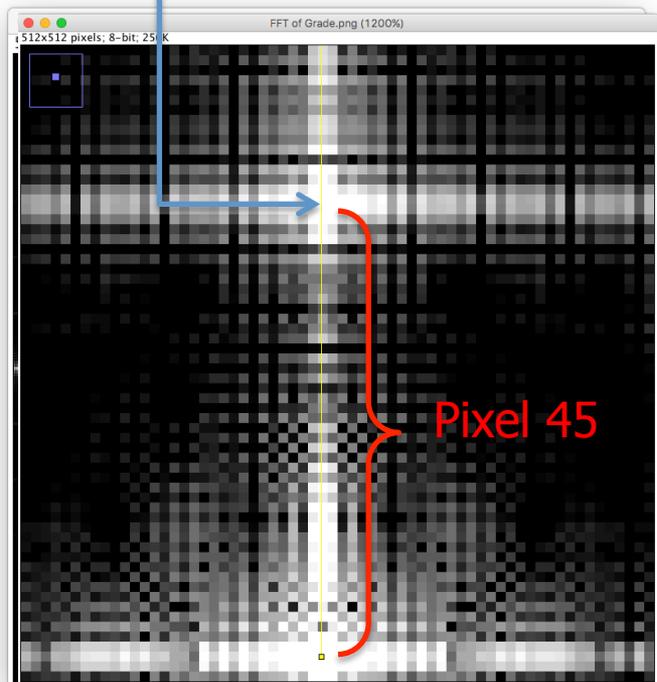
Segmento de linha, para olhar o gráfico

1. Grade - determinar a densidade de linhas que a grade possui.



37 | 20 quadrados | 261

Zoom na
FFT



$$\text{Quadrado} = (261-37)/20 = 11.2 \text{ pix / ciclo}$$

Resultados

O primeiro passo foi abrir as imagens dos objetos no *ImageJ* e determinar uma escala de distância adequada: optou-se por utilizar 15 pixel/cm. Assim, o próprio sistema era capaz de converter os pixels (menor elemento de uma imagem) em distâncias, a fim de tornar possível a leitura da dimensão do objeto (em muitos casos, ajustou-se o brilho e o contraste da FFT, a fim de facilitar a leitura das posições). Após a definição da escala, calculou-se a FFT (Fast Fourier Transform), exibindo-a na tela. A partir da análise dos mínimos da Transformada, foi possível estimar a dimensão dos objetos, pois o primeiro mínimo ocorre na posição relativa ao tamanho deste. Isso acontece porque, no caso do *ImageJ*, cada frequência que aparece na Transformada possui um comprimento associado, de forma que é possível 'olhar' para as frequências e extrair informações acerca das dimensões dos objetos.

A densidade de linhas da grade foi determinada da seguinte maneira: calculando-se a posição do primeiro mínimo de difração da FFT foi possível determinar o comprimento de um único quadro. Nesse caso, o valor obtido foi de $l = (0,74 \pm 0,01)$ cm. Para se obter a densidade de linhas da grade, basta calcular o inverso de l , obtendo-se então $\rho = (1,35 \pm 0,02)$ linhas/cm, em que σ_ρ foi obtido a partir de propagação de incertezas.

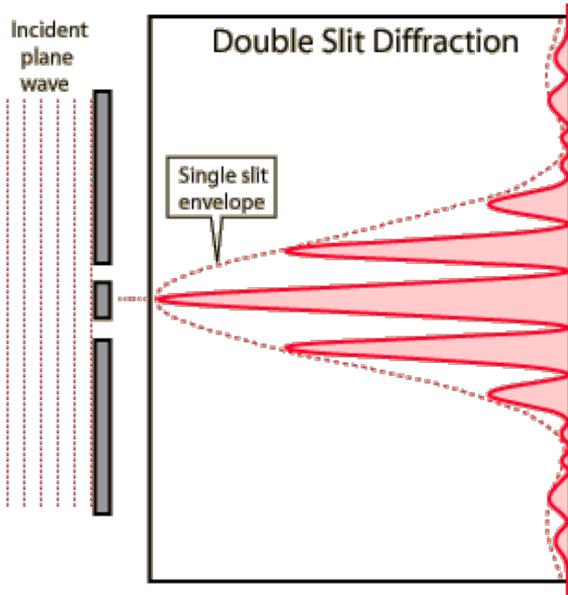
Tamanho: $15 * 0.74(1) = 11.1 (2)$ pixels

Densidade: $1.35(2) / 15 = 0.090 (1)$ lin/pix



(c) Posição do mínimo de difração utilizado para determinar a largura de um único quadro (imagem com zoom na região central)

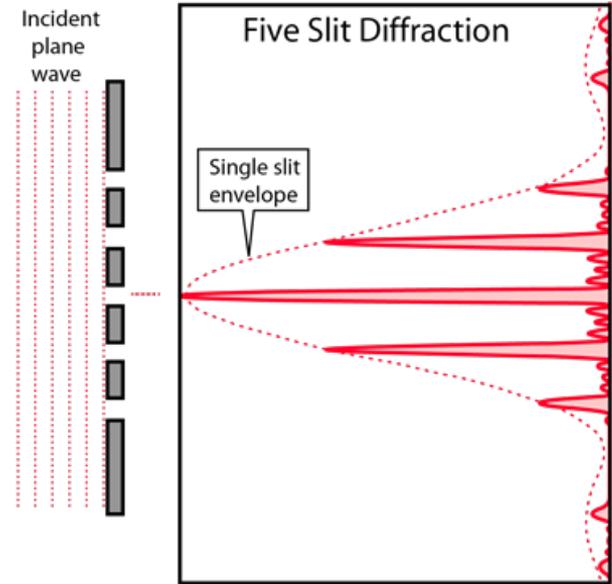
Fenda dupla x Rede de difração



Na medida em que aumentamos o número de fendas, os máximos ficam bem localizados.

Rede de difração

- Muitas fendas espaçadas de d
- Máximos em $m\lambda = d \sin(\theta)$



Vários máximos de uma vez

Os máximos :

$$d \sin \theta = \pm m \lambda$$

$$\frac{2\pi}{\lambda} \frac{d}{2} \sin \theta = \pm m \pi$$

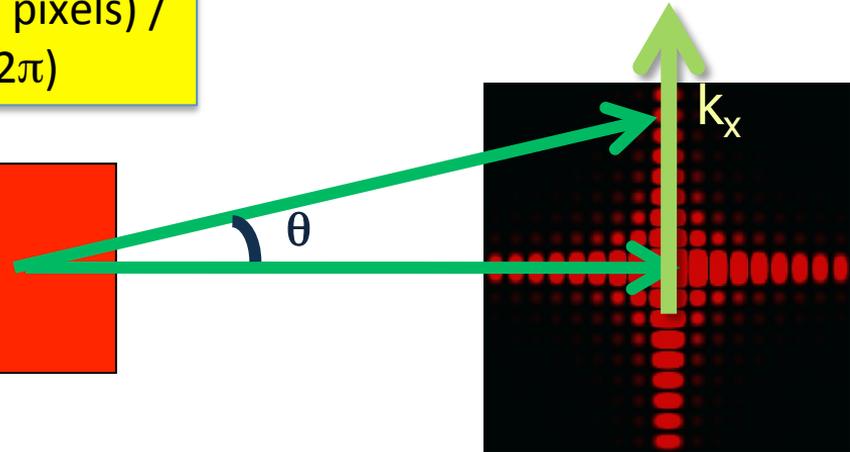
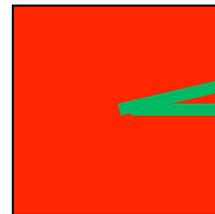
$$k_x \frac{d}{2} = \pm m \pi$$

Mesma condição da fenda simples...

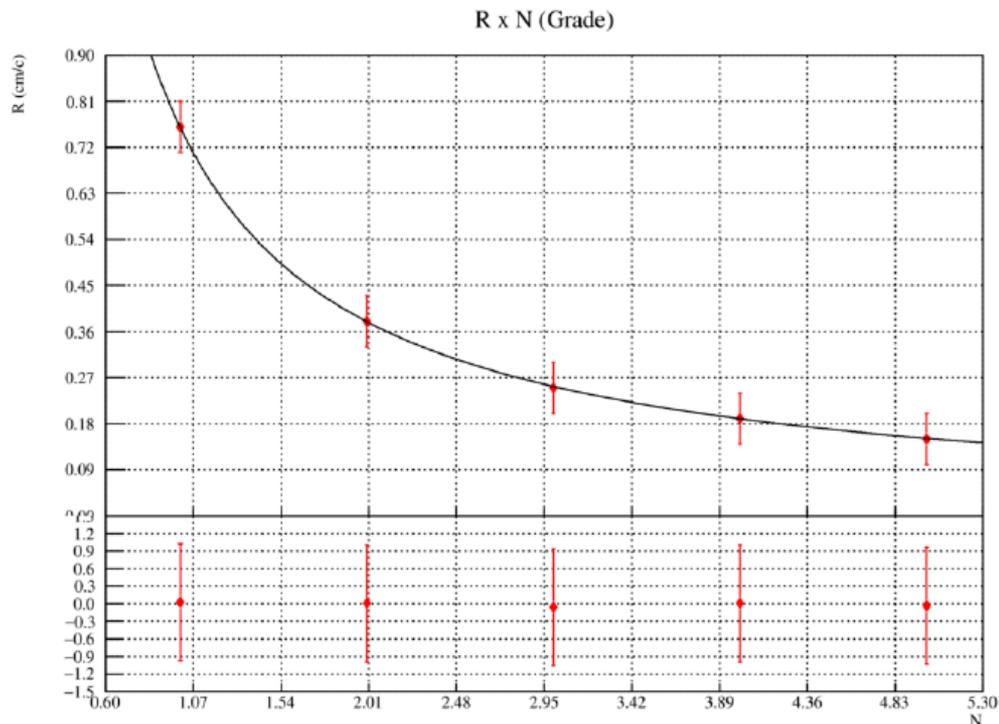
$$\frac{\lambda / \sin \theta}{2\pi} = \frac{1}{k_x} = \pm \frac{1}{m} \frac{d}{2\pi}$$

$$\lambda / \sin \theta = \pm \frac{d}{m}$$

ImageJ:
dist. (cm ou pixels) /
ciclo (2π)



Vários máximos de uma vez

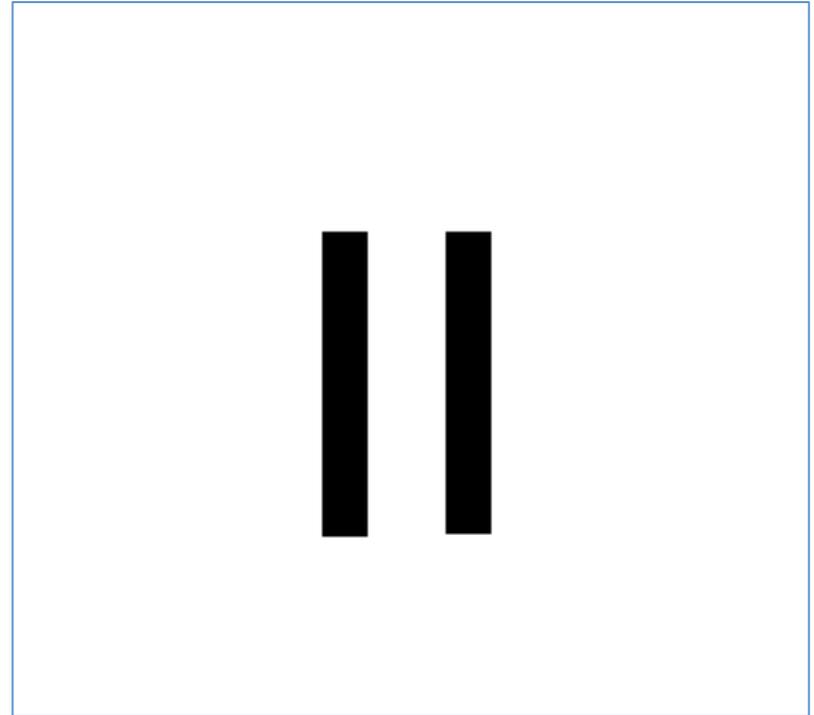
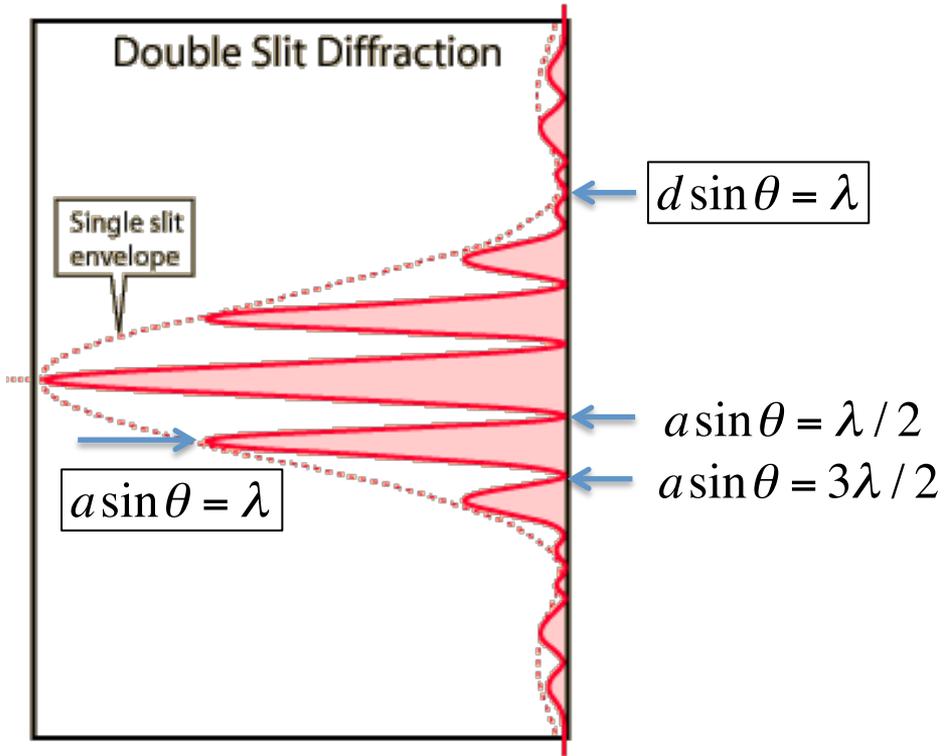


$$0.76 \text{ cm} * 15\text{pix/cm} = 11.4\text{pix}$$

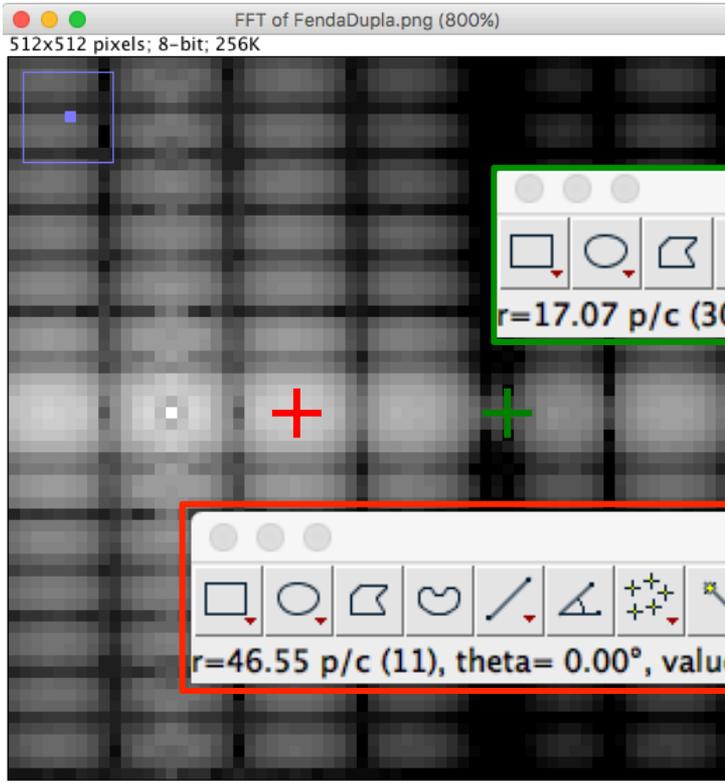
Tabela 2: Parâmetros obtidos pelo gráfico.

| Parâmetro | Valor | Incerteza |
|------------------|-------|-----------|
| [0] | 0,76 | 0,04 |
| Chi ² | 0,54 | - |
| NGL | 4 | - |

3. Fenda dupla - determinar a largura das fendas e o espaçamento entre elas.



3. Fenda dupla - determinar a largura das fendas e o espaçamento entre elas.



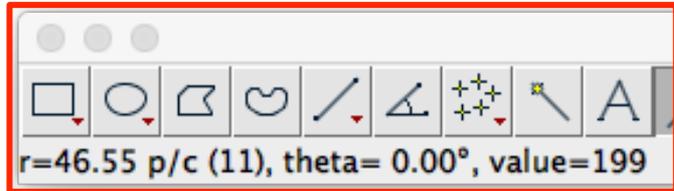
Largura = 17 p

Separação (centro a centro) = 46 p

Máximos da Interferência

Algo que se repete a cada 46 pixels, vai gerar comprimentos de onda na transformada de Fourier em:

46



46/2

$r=23.27 \text{ p/c (22),}$

46/3

$r=15.52 \text{ p/c (33),}$

46/4

$r=11.64 \text{ p/c (44),}$



Resultados

Conforme estudamos nas atividades anteriores o primeiro mínimo da **primeira envoltória** do padrão de difração nos fornece a informação da largura da fenda (d). E o primeiro máximo dentro da primeira envoltória nos fornece a informação da distância entre as fendas (a). Sendo assim, posicionando o cursor temos que:

$$d = (1,18 \pm 0,07)cm$$

$$a = (3,10 \pm 0,07)cm$$

Em pixels:

$$d = 1.18(7) * 15 = 17.7(11)$$

$$a = 3.10(7) * 15 = 46.5(11)$$

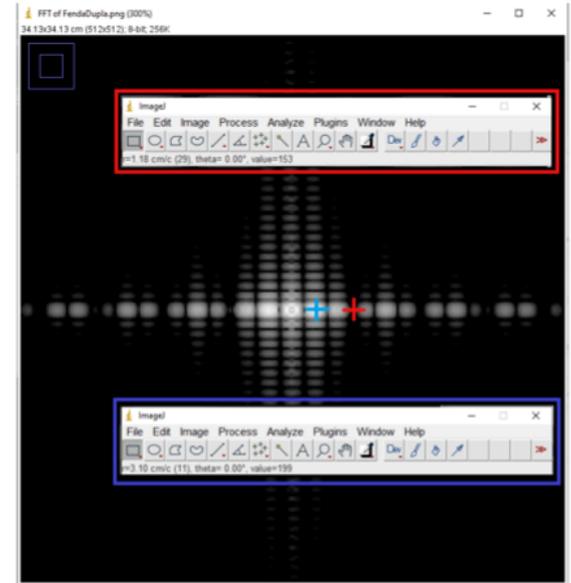
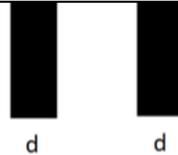
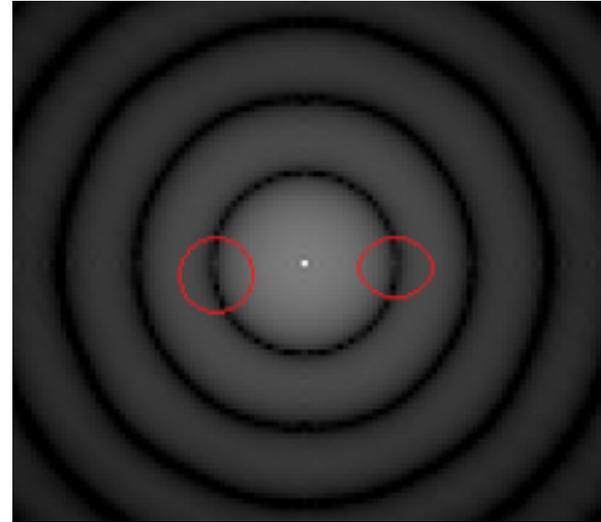
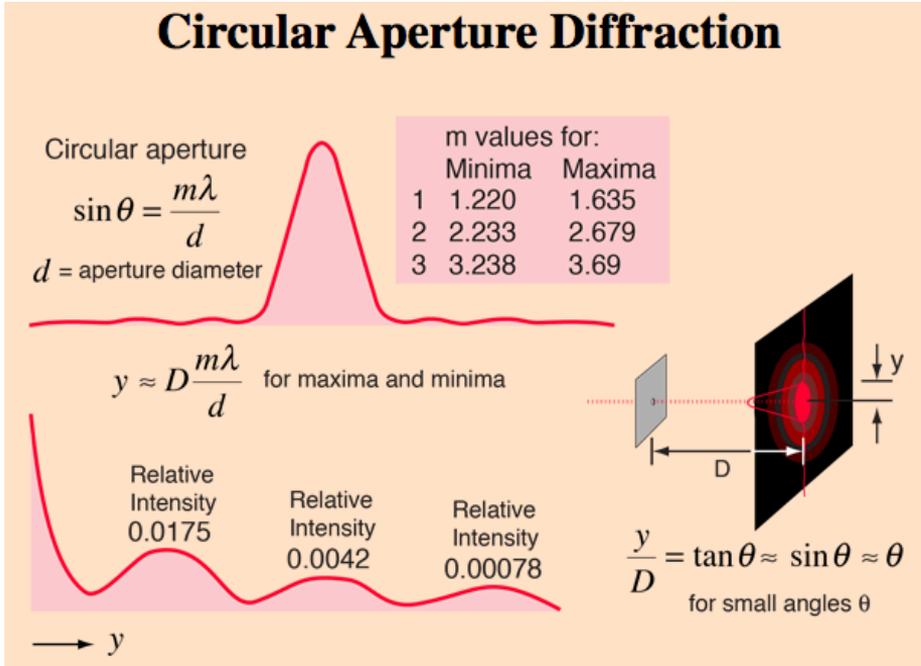


Figura 4: Fenda dupla e sua transformada de Fourier

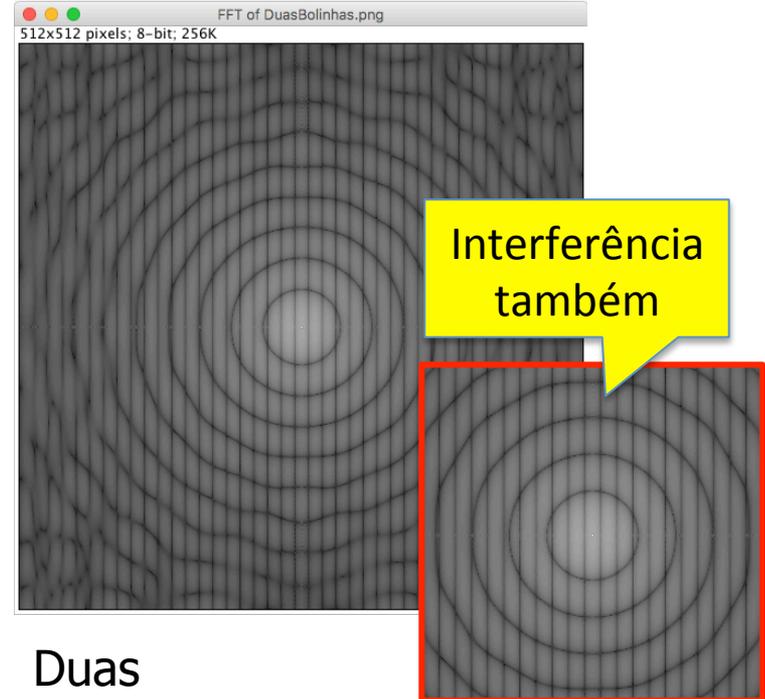
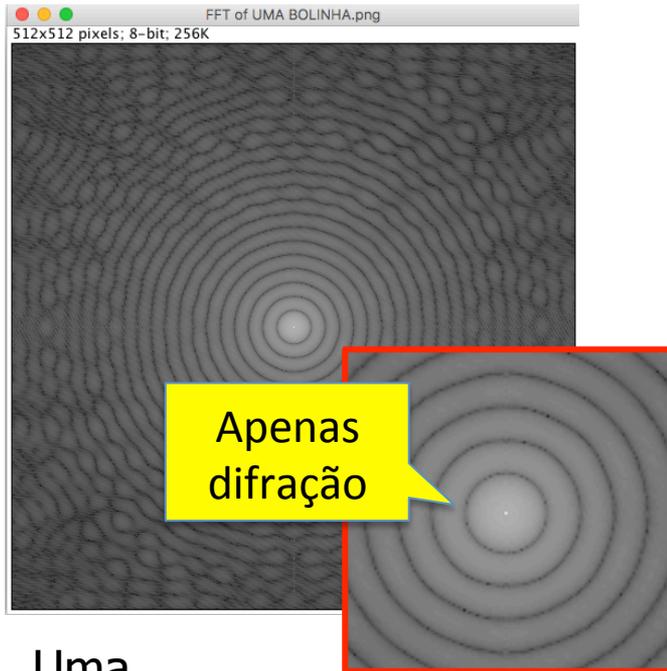
Orifício Circular



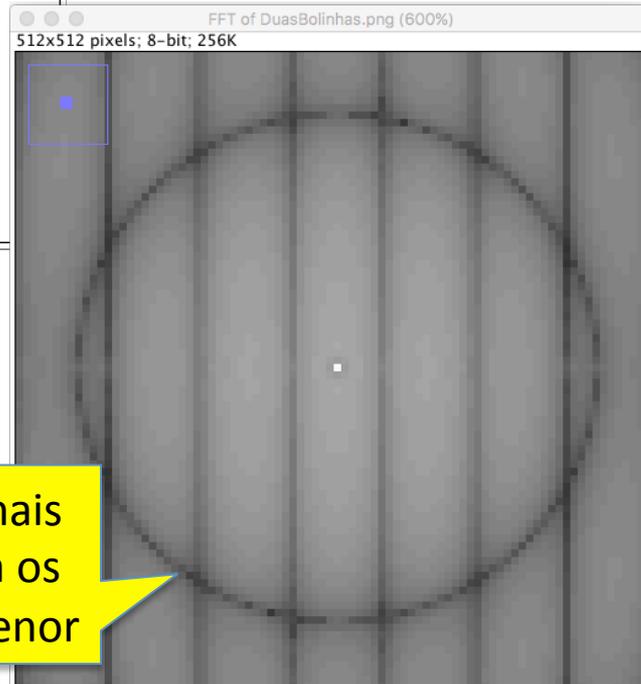
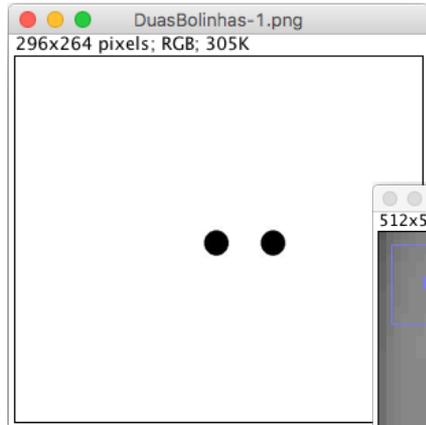
Mínimo em 34.13 pix / c
Diâmetro = 34.13 * 1.22 = 41.6

Dois círculos

- Difração e interferência

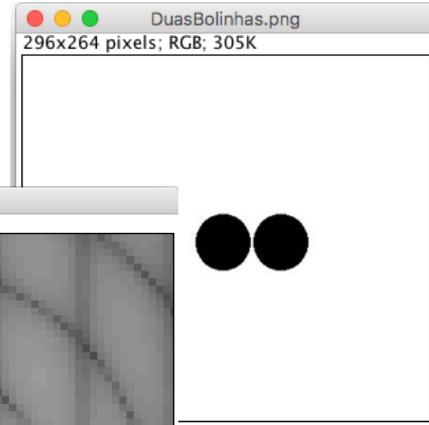
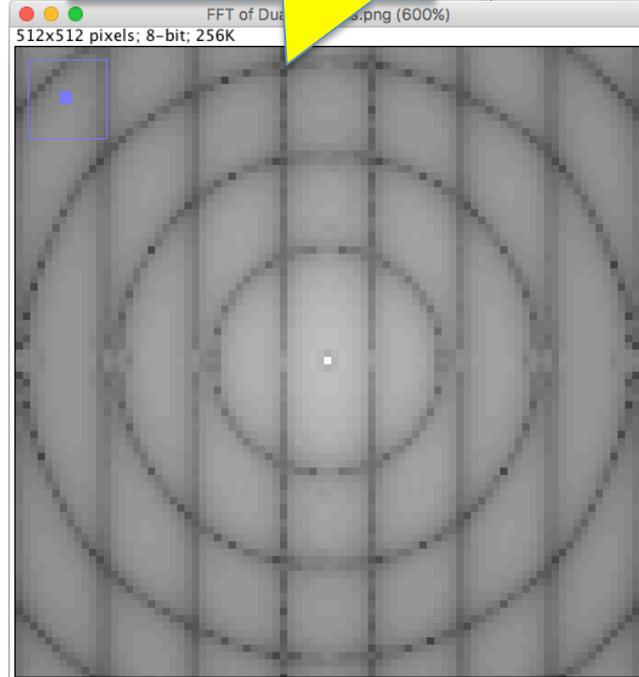


Mesma separação, diâmetros diferentes



Difração “mais longe” para os diâmetro menor

Interferência na mesma posição



Resultados gerais

- Não deu tempo de corrigir todas as sínteses

| Grade | Fenda | | Dupla | | | Bolinha | | | Duas Bolinhas | | | | |
|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|---------|-----------|-------|---------------|-------|-----------|-------|-----|
| | 24 | | 17 | | 46 | | 41 | | 19 | | 42 | | |
| 12 | 1 | 24 | 1 | 18 | 1 | 45 | 1 | 39 | 1 | 18 | 1 | 42 | 1 |
| 11.38 | | 24.38 | | 17.66 | | 30.12 | | 34.13 | | 14.63 | | 26.95 | |
| 11.13 | | 33 | 0.5 | 17.6 | 0.5 | 31.94 | 0.5 | 23.3 | 0.5 | 14.64 | 0.5 | 25.85 | 0.5 |
| 11.4 | 0.6 | 24.15 | 0.6 | 17.4 | 0.6 | 50.88 | 0.33 | 41.21 | 0.71 | 18 | 0.8 | 41.85 | 0.6 |

Principais problemas:

- Espaço é a distância centro a centro
- Usar o n correto para mínimo escolhido

Filtragem

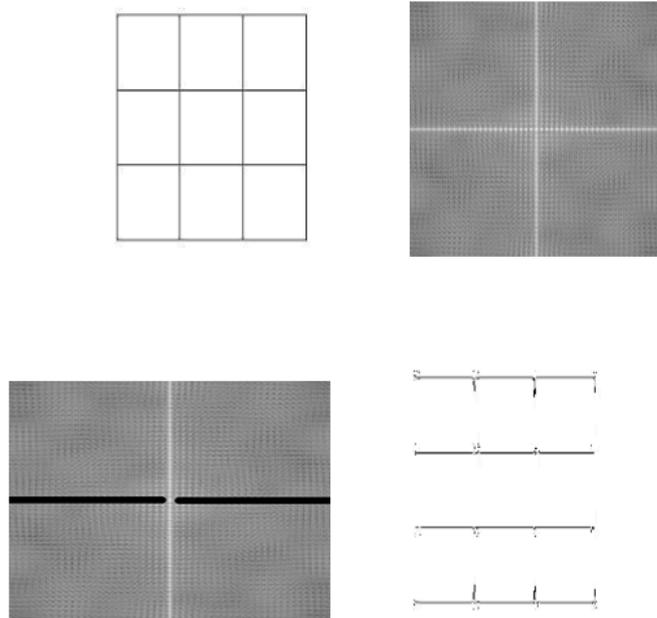


Figura 6: Imagem de difração de uma grade para e aplicação do filtro para remoção das linhas verticais.

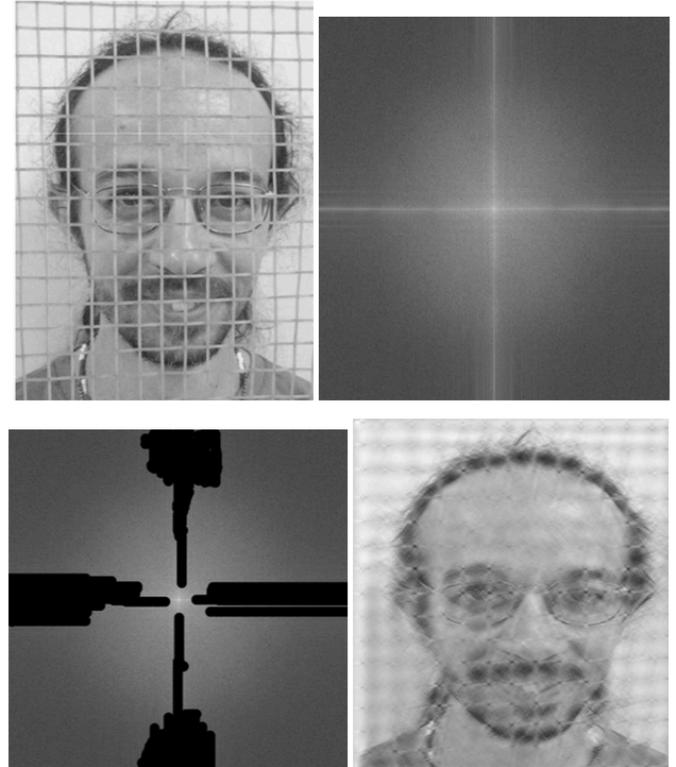
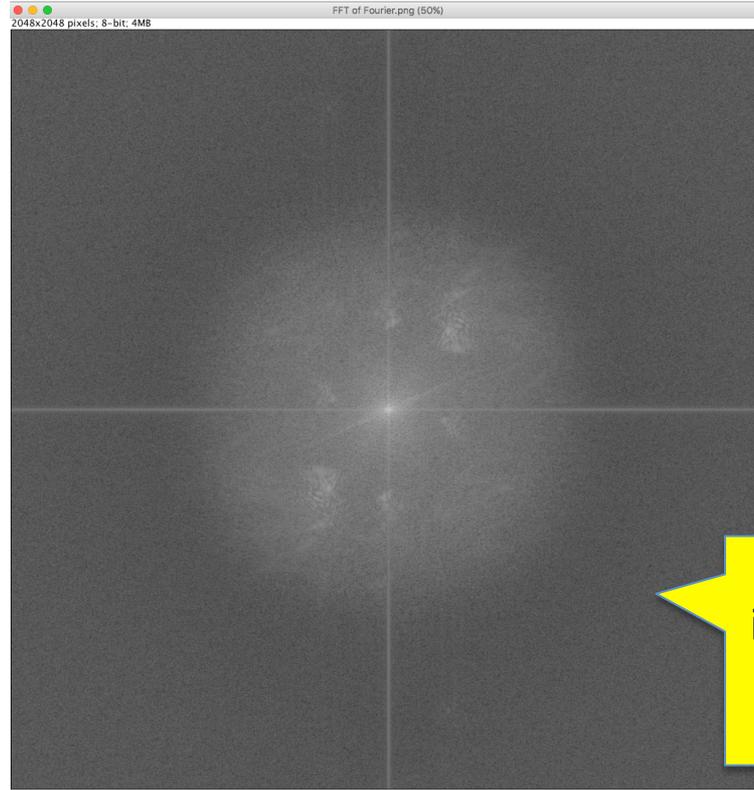


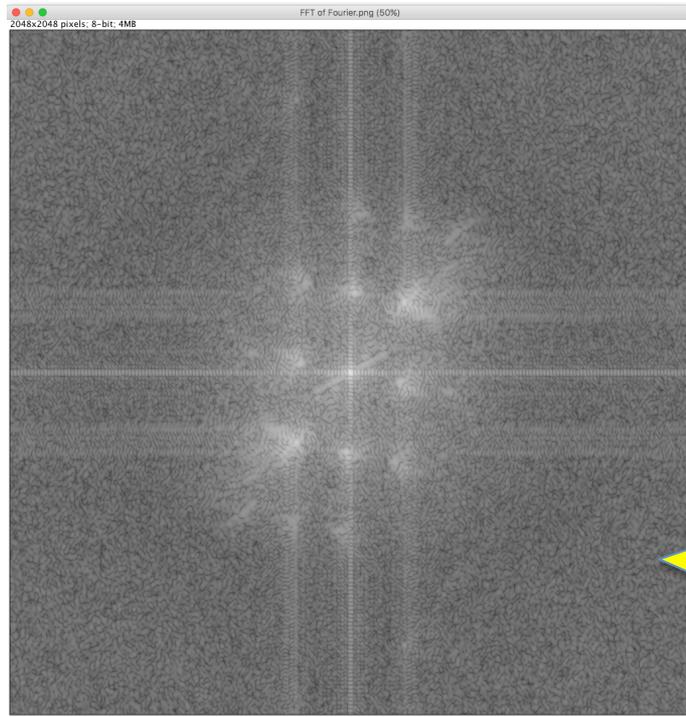
Figura 7: Imagem de difração do técnico para e aplicação do filtro para remoção da grade.

Filtragem - Fourier

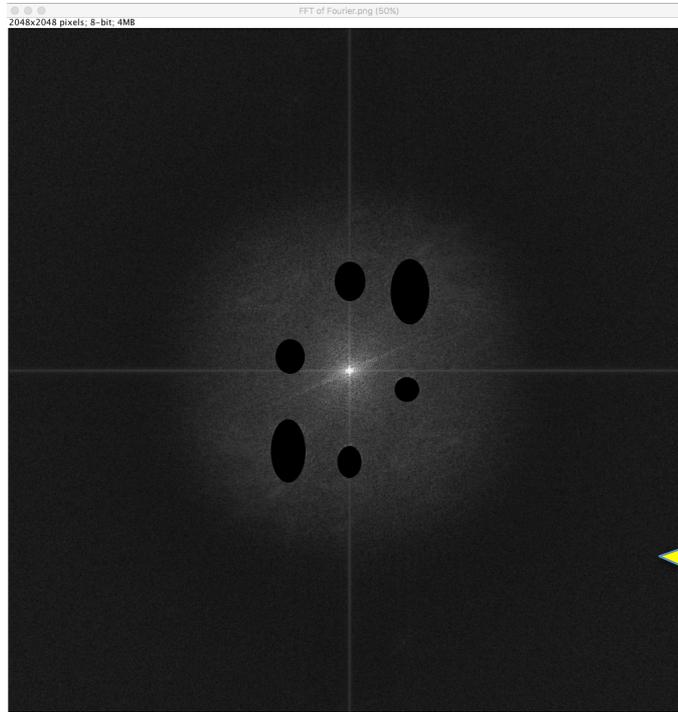


Onde está a
informação do
xadrez do
paletó?

Filtragem - Fourier



Filtragem - Fourier



Filtramos estes trechos