

Física Experimental IV - 10ª aula
<http://www.dfn.if.usp.br/~suaide/>

Alexandre Suaide

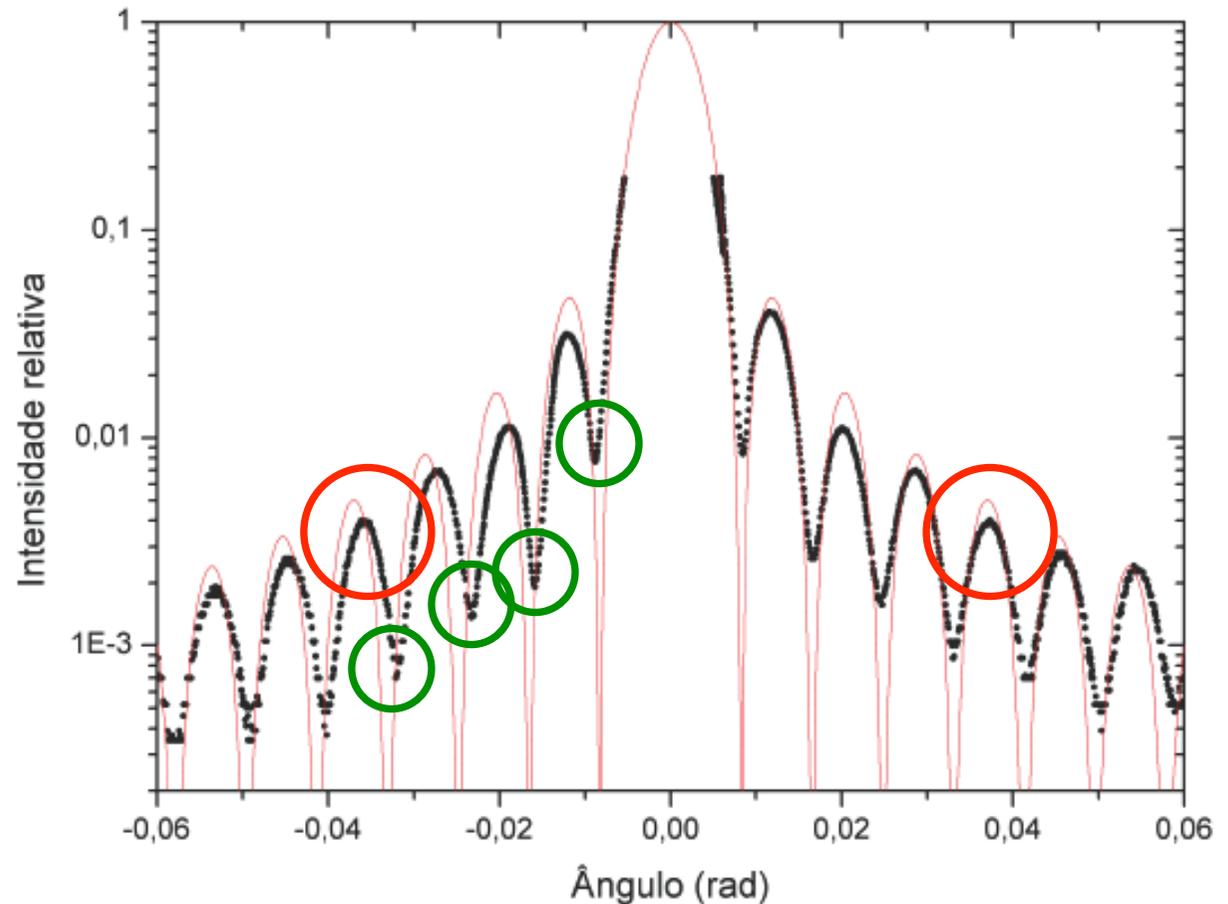
Ed. Oscar Sala

sala 246

ramal 7072

A expressão teórica descreve bem os dados obtidos?

D [μm]
84.5 ± 0.2
76 ± 5
$81.0 \pm 0.6 (*)$
73 ± 6
76.9 ± 2.5
76.5 ± 1.8
$77 \pm 3 (*)$



$$I_0 = (11.9 \pm 0.2), f = (4.8 \pm 0.2) \cdot 10^{-3}$$

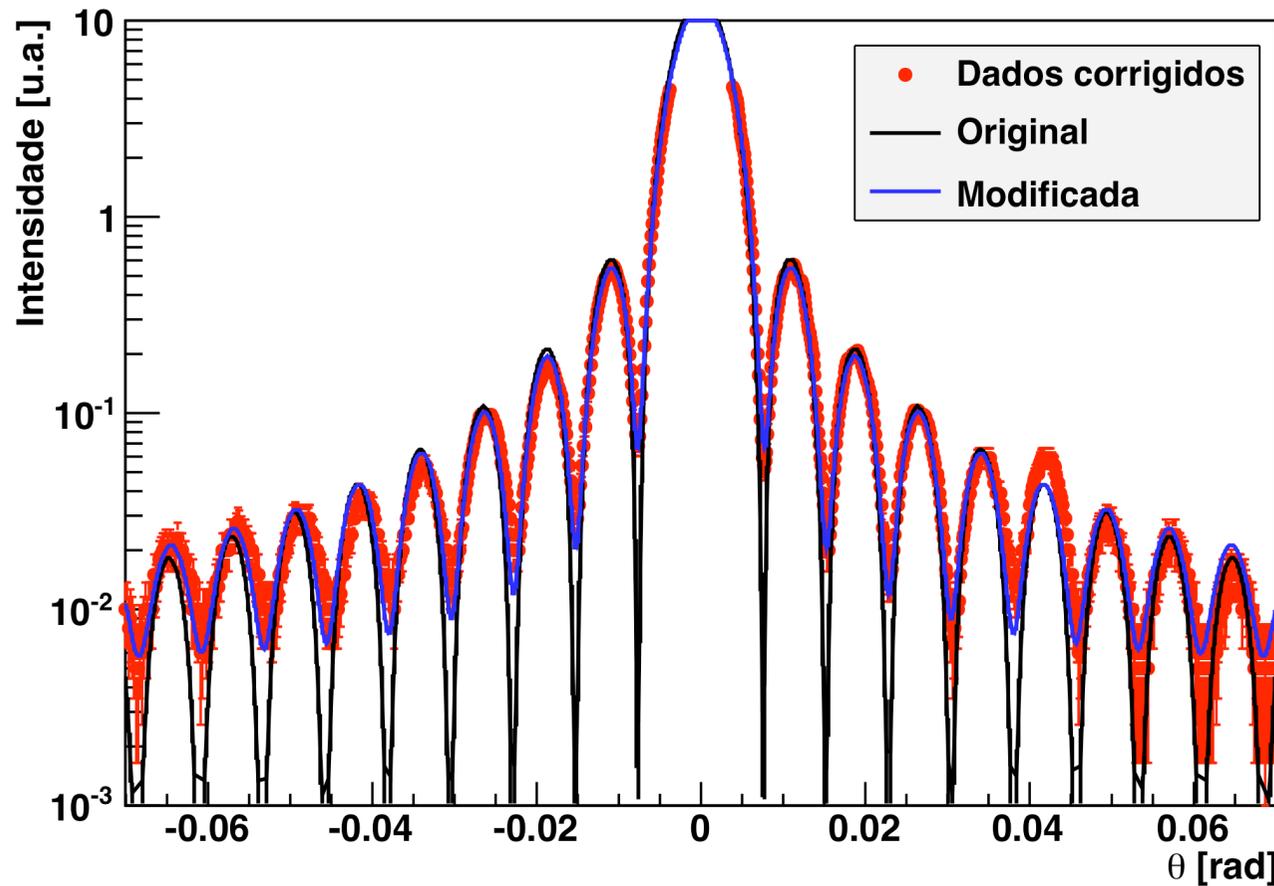
$$d = (82.6 \pm 0.3) \mu\text{m}$$

$$\delta = (0.109 \pm 0.001)^\circ$$

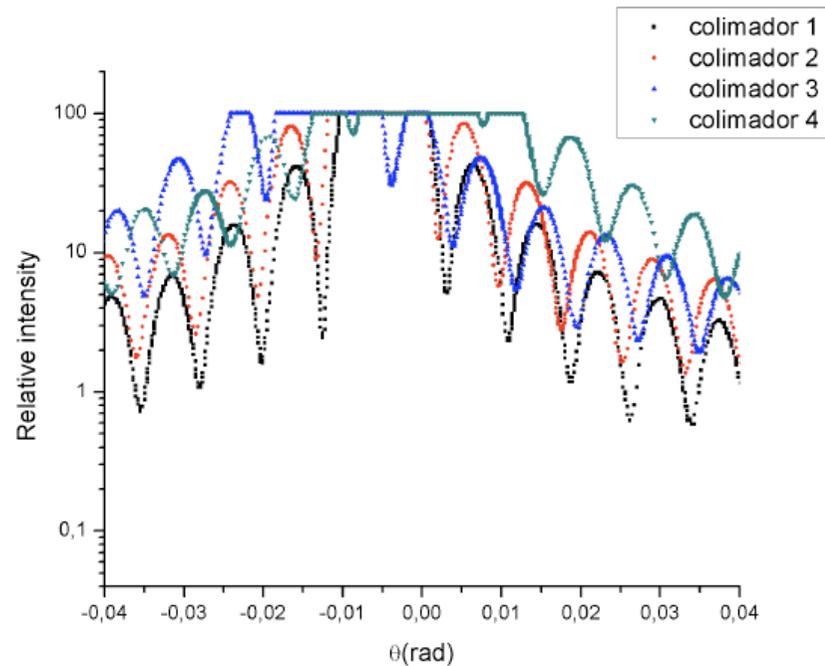
$$\theta_0 = (-5.7 \pm 0.3) \cdot 10^{-5}^\circ$$

$$\chi_{\text{red}}^2 = 1.17$$

$$I(\theta) = I_0 \int_{\theta - \delta/2}^{\theta + \delta/2} \left(\frac{\sin(b \sin(\alpha + \theta_0))}{b \sin(\alpha + \theta_0)} \right)^2 d\alpha + f$$



Alguns resultados



Note como o colimador afeta o espectro obtido da difração da fenda.

5

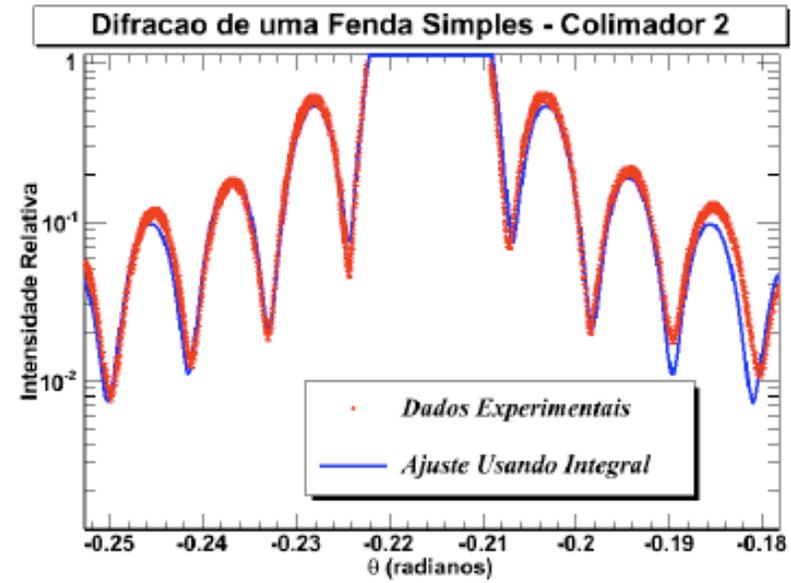


Figura 2: Dados tomados usando o colimador 2.

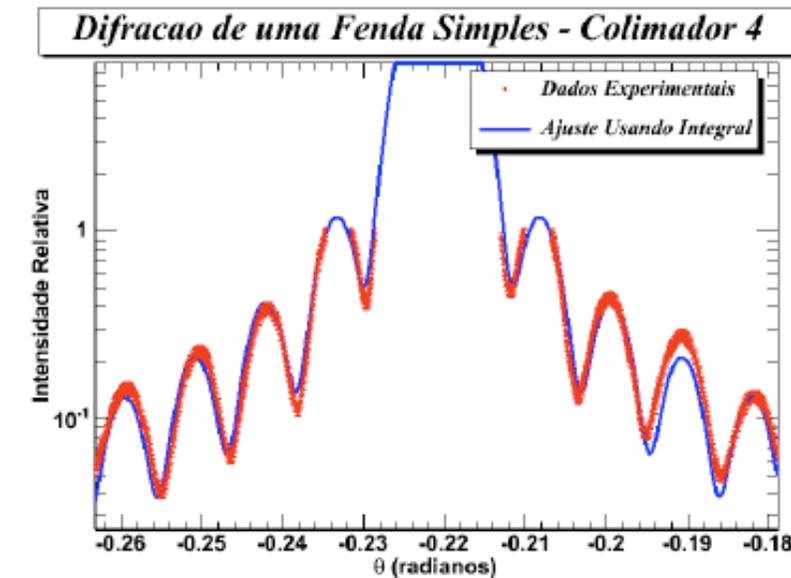


Figura 4: Dados tomados com o Colimador 4.

Alguns resultados

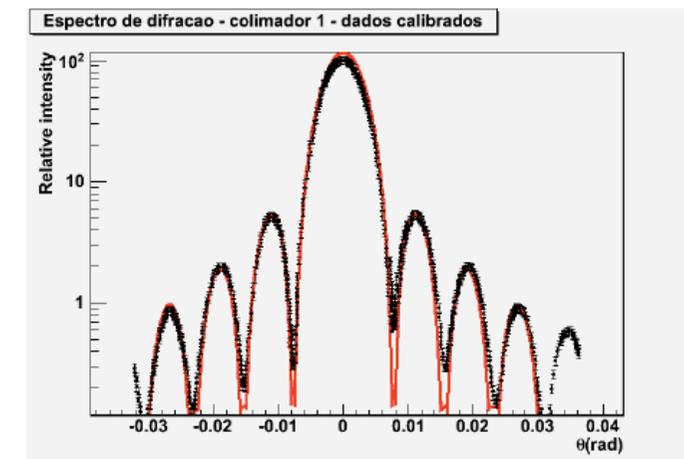
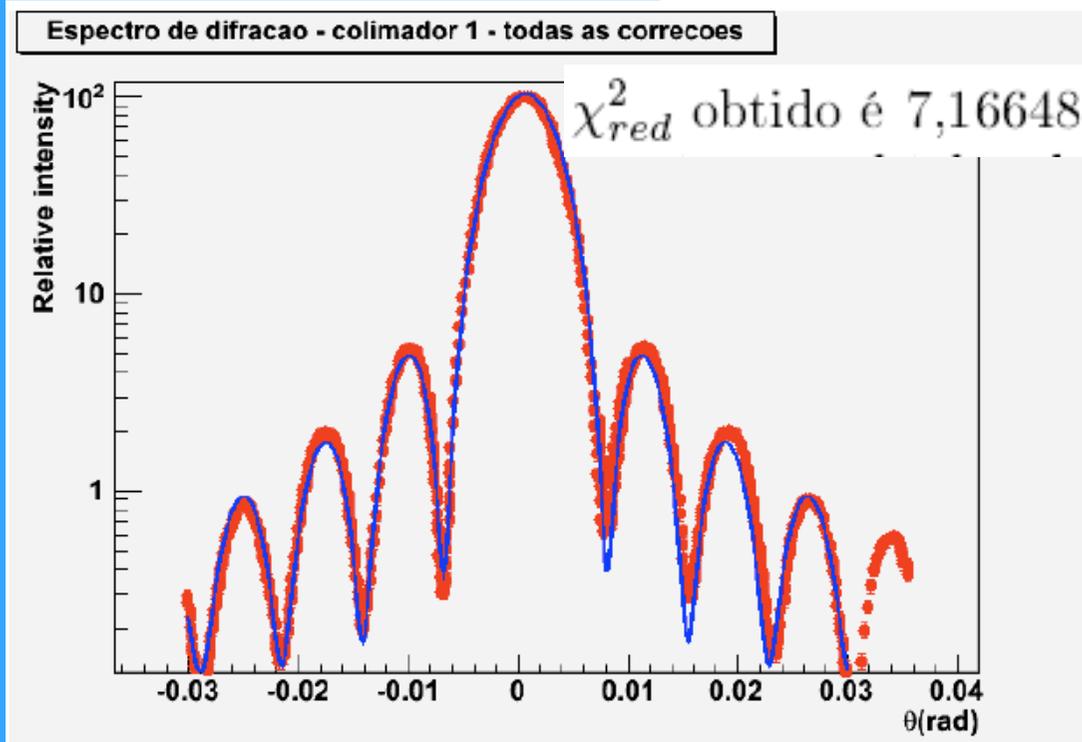


Figura 4: Espectro construído com os dados calibrados

(cujo χ_{red}^2 é 23,4285)

- Ajuste com estas correções parece qualitativamente satisfatório.
- Porém, ainda alto. Outros efeitos?

Alguns resultados

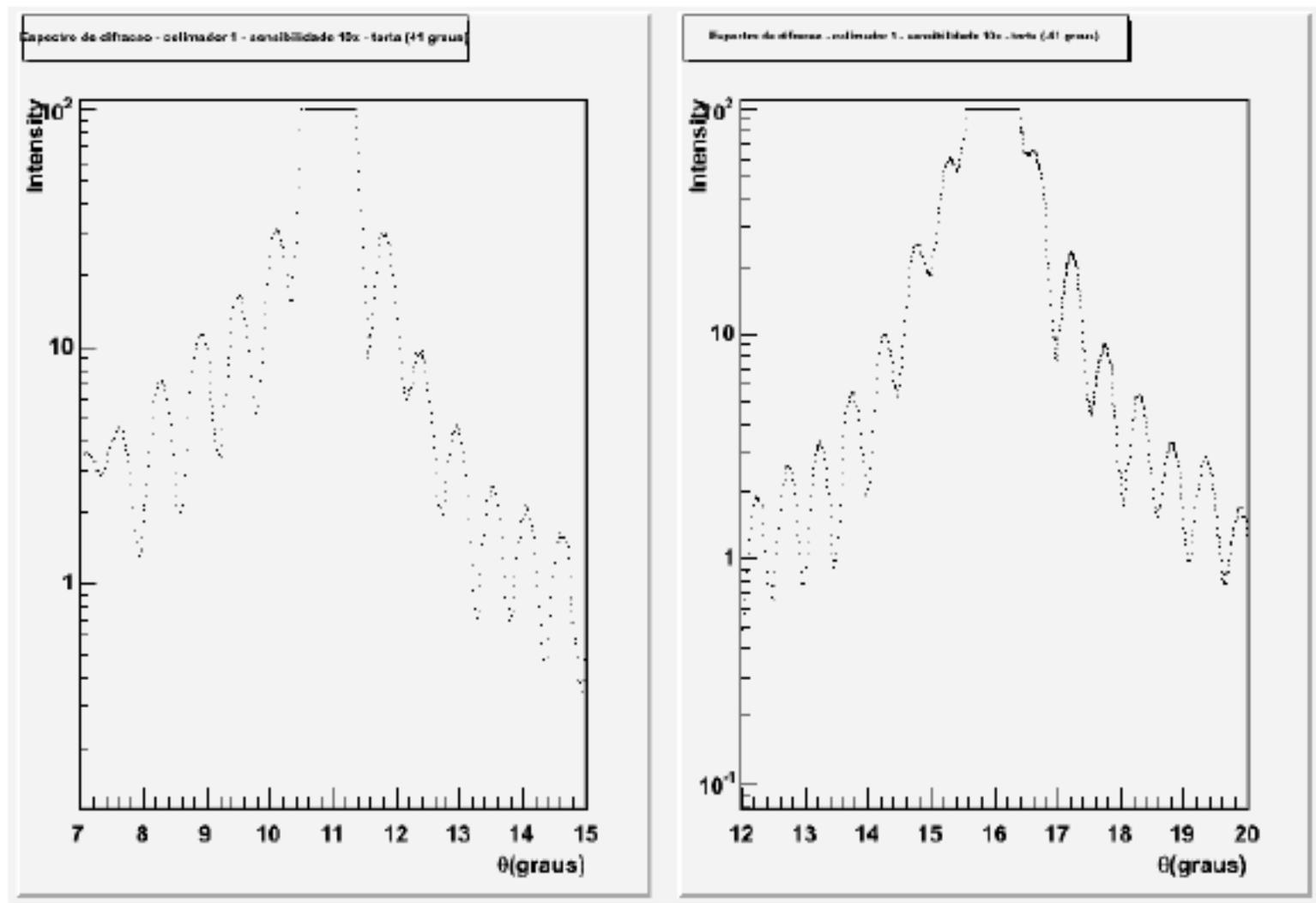


Figura 11: Intensidade para a fenda torta de 40 graus e menos 40 graus.

Experiência II

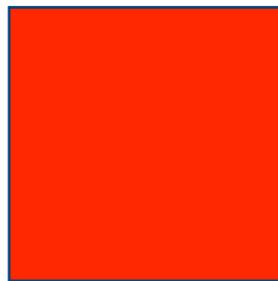
Óptica Geométrica e Física

- Objetivos – Estudar alguns fenômenos de óptica física e geométrica
 - Estudo de lentes simples, sistemas de lentes e construção de imagens
 - Interferência e difração
 - Computador óptico
 - Análise de Fourier bi-dimensional
 - Processamento de imagens

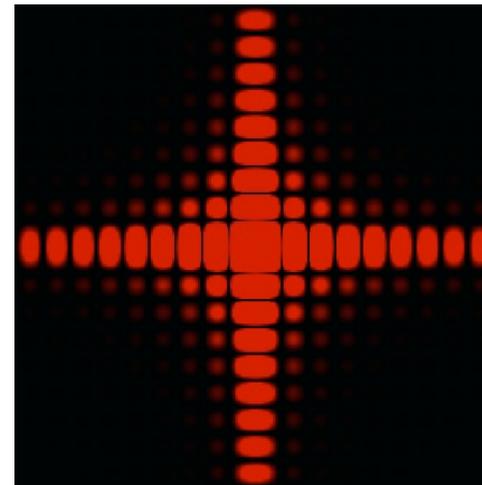
Difração e transformada de Fourier

- A figura de difração está relacionada à transformada de Fourier do objeto iluminado

$$\hat{E}(\vec{R}) = \frac{e^{jkR}}{R} \int E_0(x,y) e^{-j(k_x x + k_y y)} dx dy$$



Objeto



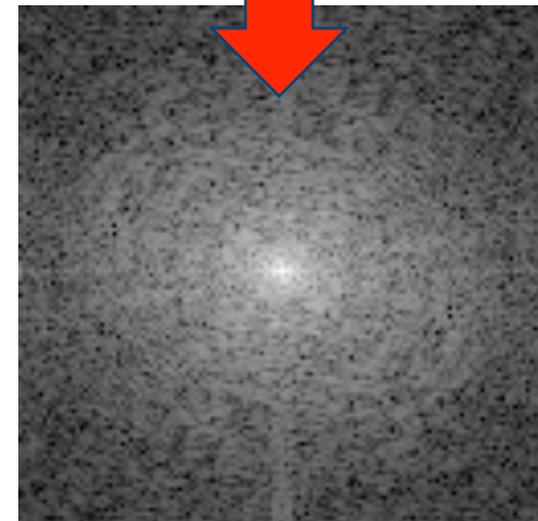
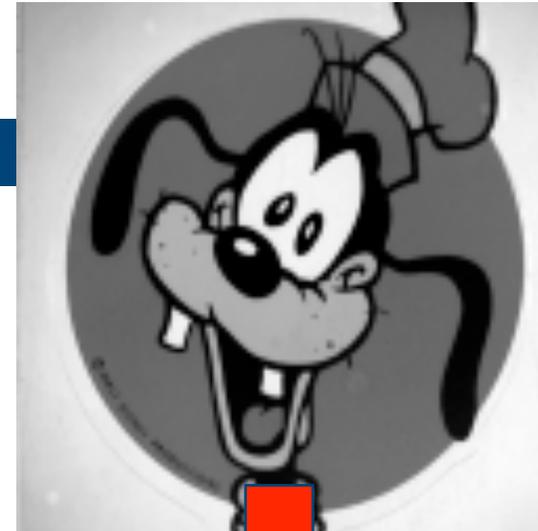
Difração

Transformada de Fourier (F.T.) de uma imagem

- No caso bi-dimensional, basta decompor em duas freqüências, uma para cada dimensão da imagem

$$c_{nm} = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} I(x,y) e^{-j(nx+my)} dx dy$$

- Neste caso, ao invés de fazer um gráfico unidimensional, a transformada de Fourier corresponde a um gráfico bi-dimensional cujo valor no 3º eixo corresponde a y .

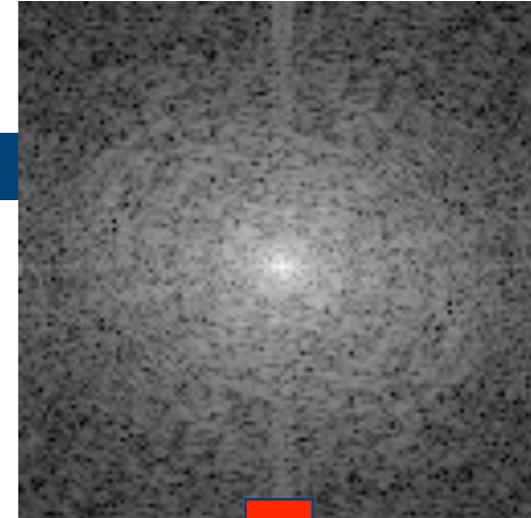


Transformada inversa

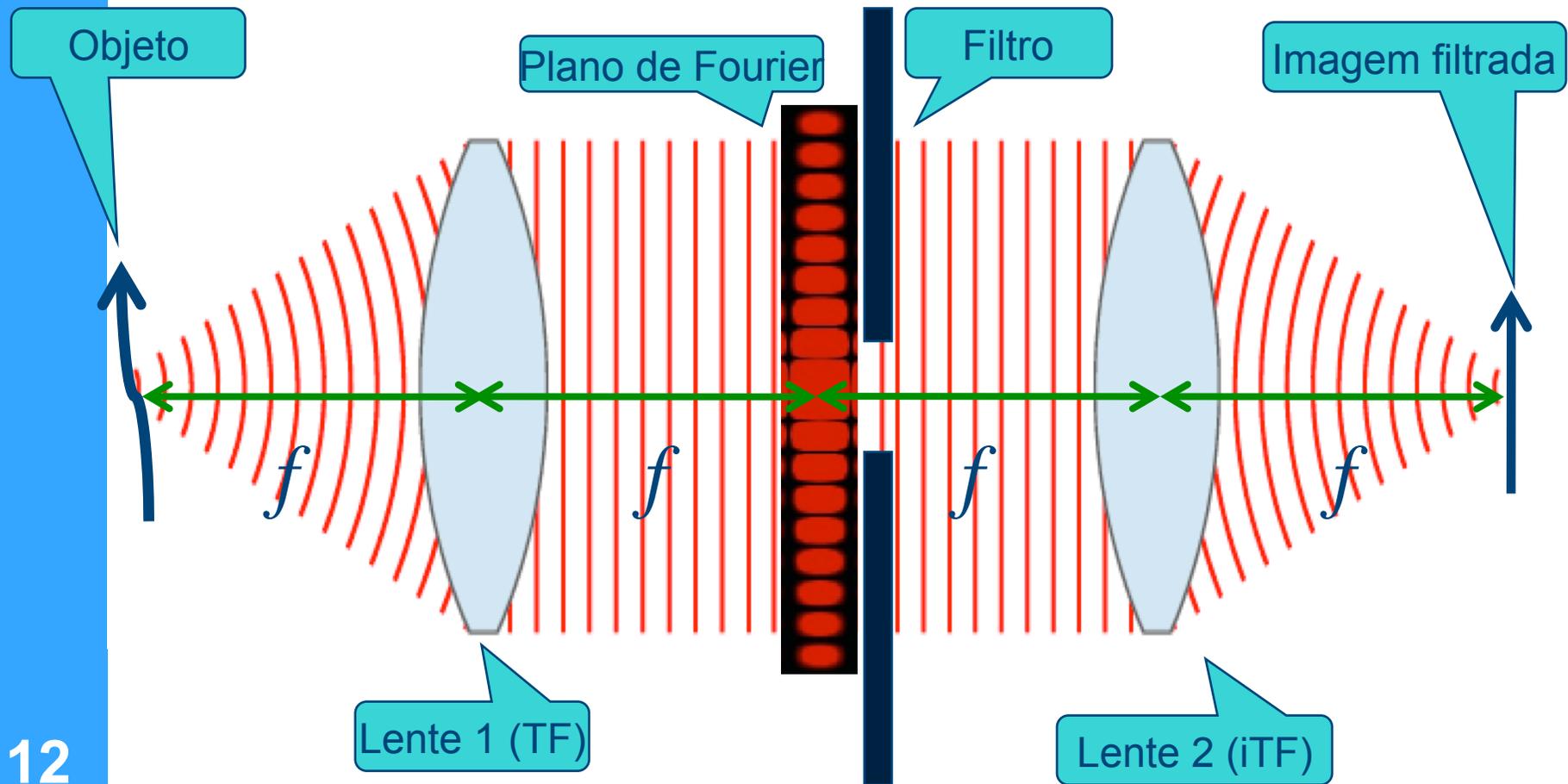
- Se eu conheço c_{nm} eu posso recuperar a informação de intensidade espacial através de

$$I(x, y) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \sum_{m=-\infty}^{\infty} c_{nm} e^{j(nx+my)}$$

- Isto é chamado transformada inversa de Fourier e nada mais é que a transformada da transformada de Fourier (mas note o sinal trocado na exponencial).



Computador óptico



Alguns resultados

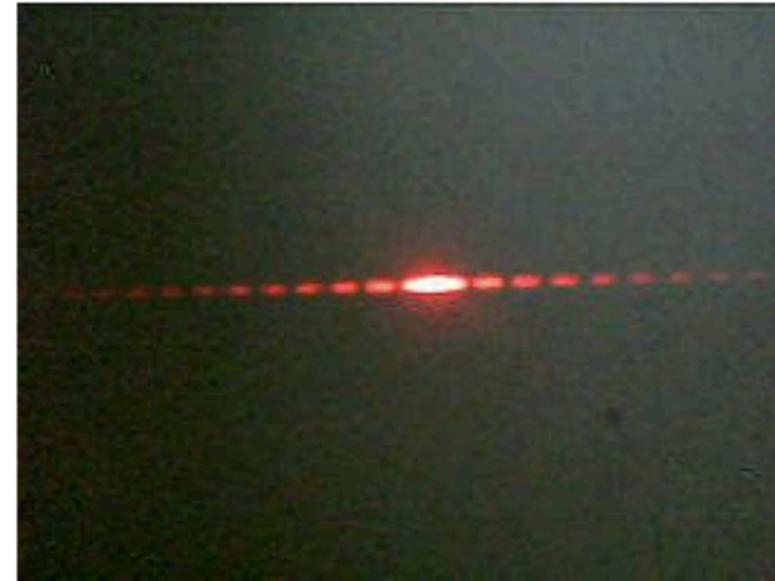
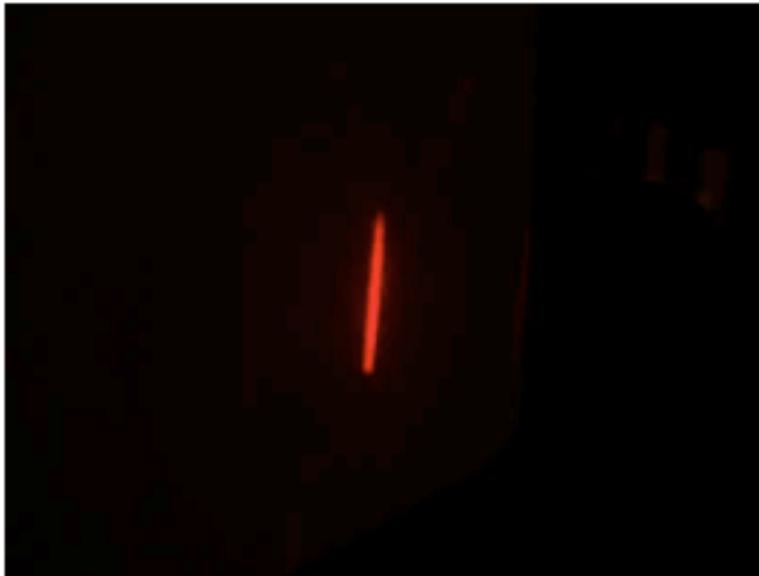


Figura 2 (acima, à esquerda): Fenda utilizada.

Figura 3 (acima, à direita): Figura de difração (Transformada de Fourier) da fenda utilizada

Figura 4 (ao lado): Reconstrução (Transformada inversa de Fourier) da fenda a partir de sua figura de difração.



Alguns resultados

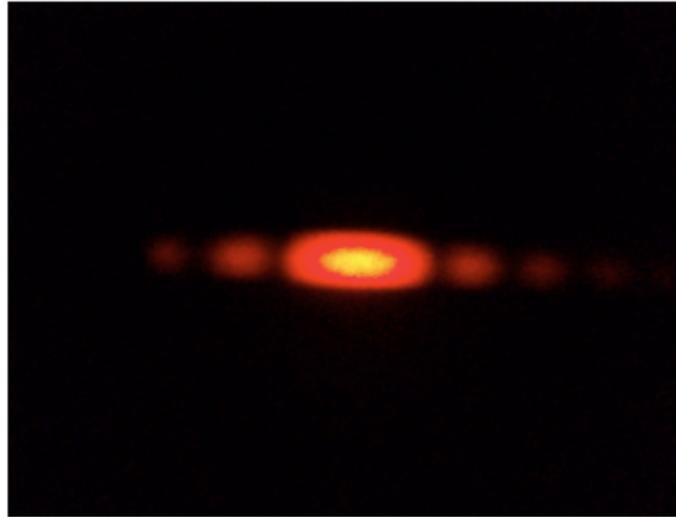


Image 5: T.F. da fenda simples.

No plano focal da segunda lente observa-se a T. F. da T.F., ou seja, a imagem original do objeto, como observado para a fenda simples na figura abaixo:

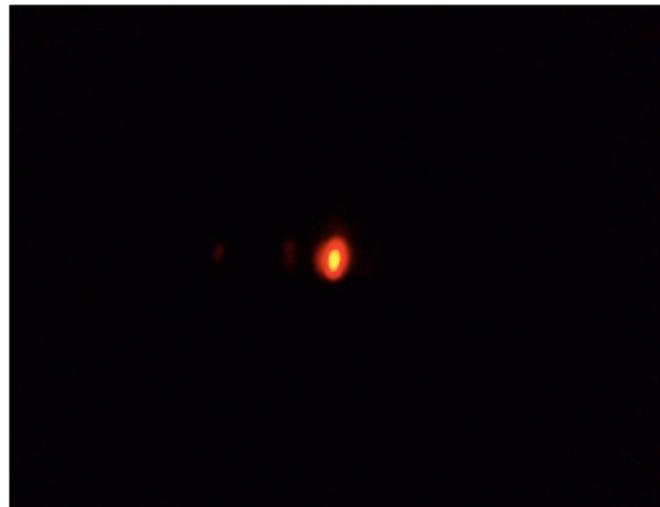


Image 6: T.F. inversa da fenda simples.

Alguns resultados

Foi possível obter a figura de difração do objeto:

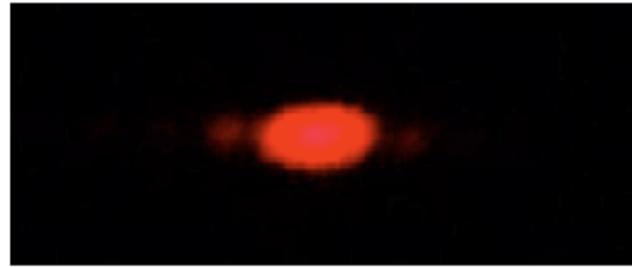


Figura 2: Figura de difração para a fenda.

Sua transformada inversa também foi obtida, resultando na imagem de uma fenda, como esperado:



Figura 3: Arranjo para a primeira parte do experimento.

Alguns resultados

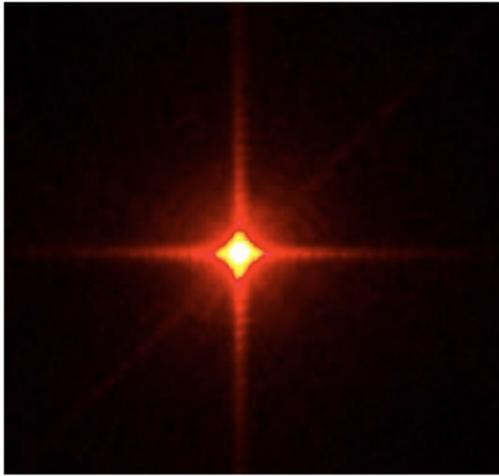


Figura 5: Transformada de Fourier para o objeto 'grade'.

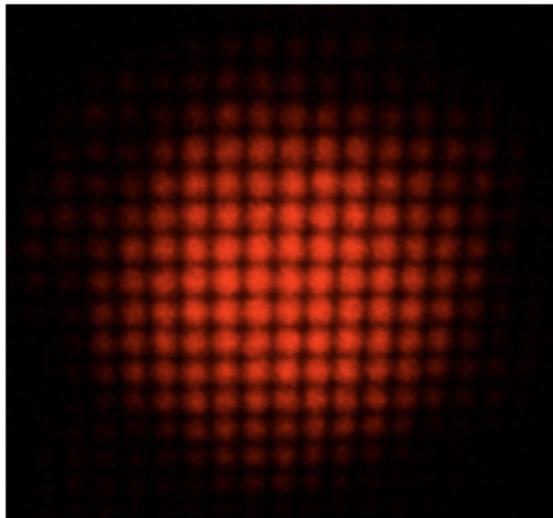


Figura 6: Transformada de Fourier inversa, recompondo a grade.

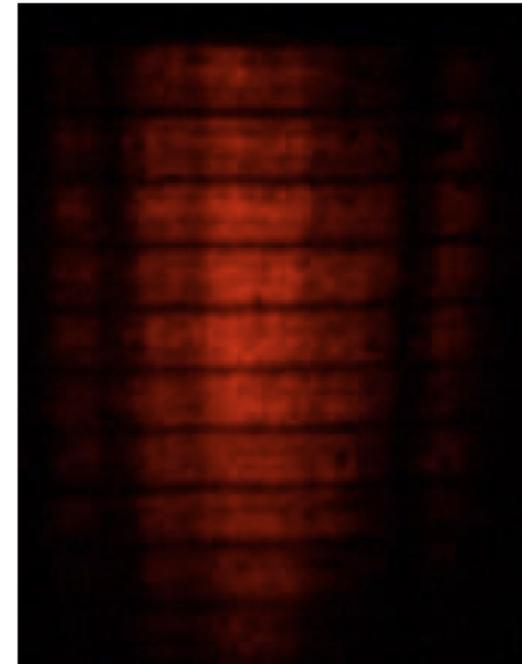


Figura 7: Transformada de Fourier inversa, com o filtro aplicado.

Alguns resultados

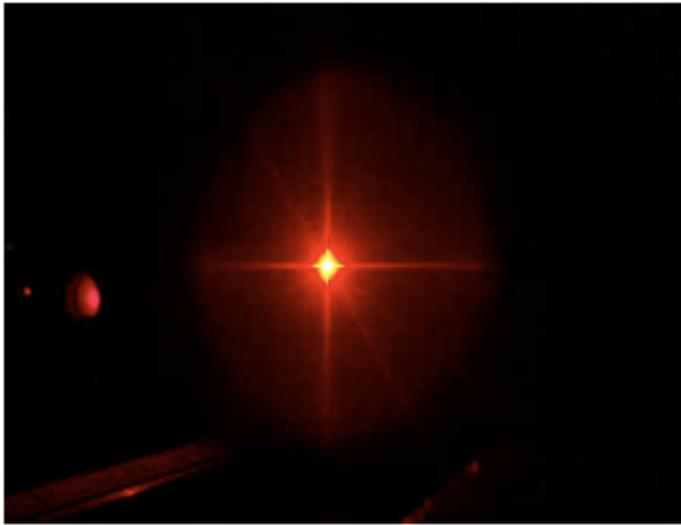


Figura 5: Imagem transformada (difração) da grade.

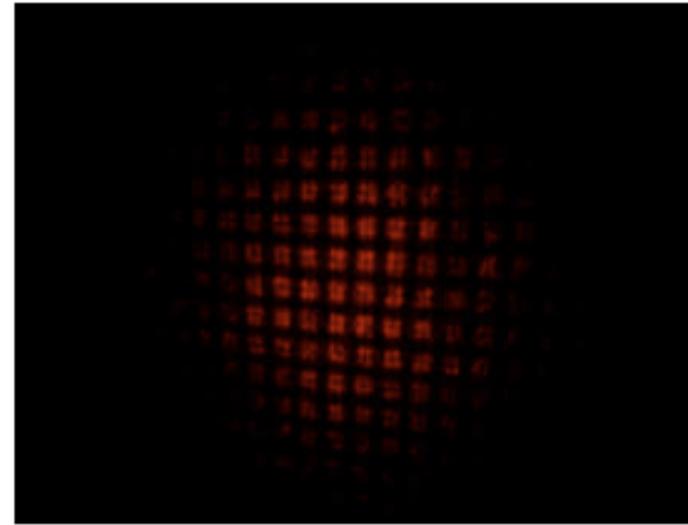
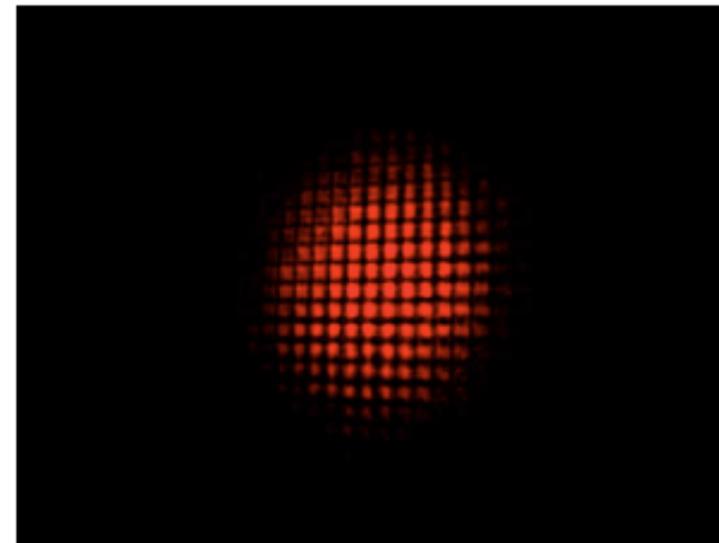
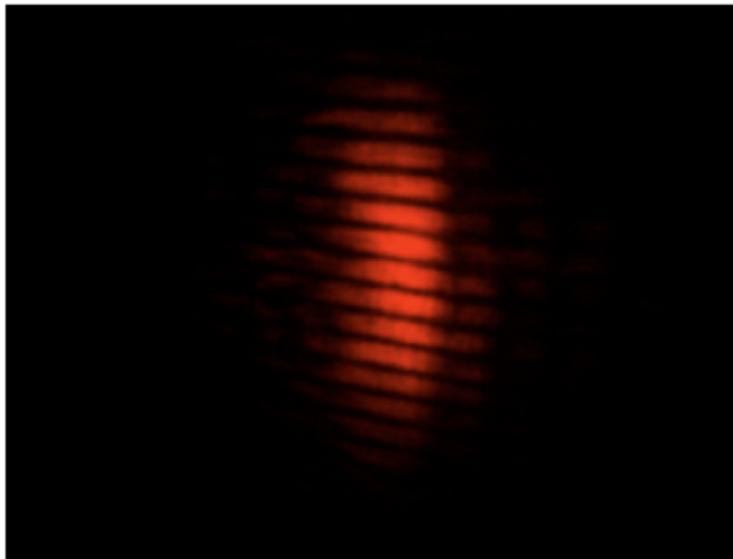


Figura 6: Imagem reconstruída (transformada inversa) da grade.



Alguns resultados



Imagem 5 – Transformada de Fourier da grade

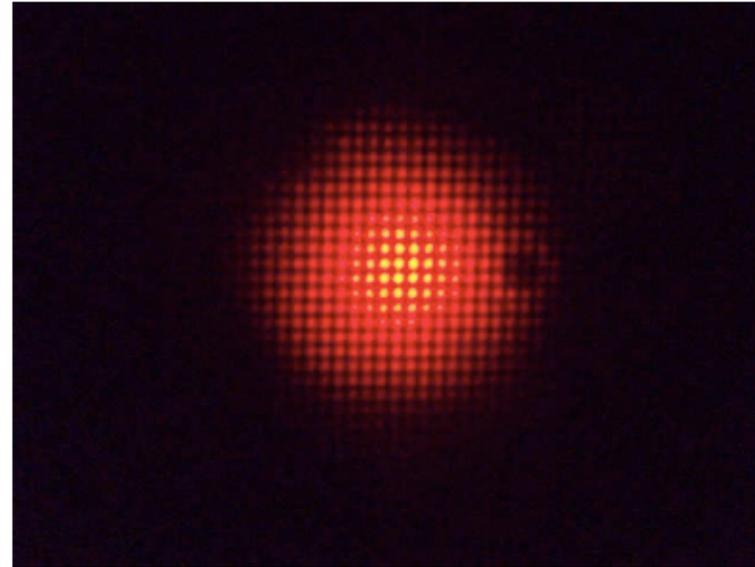
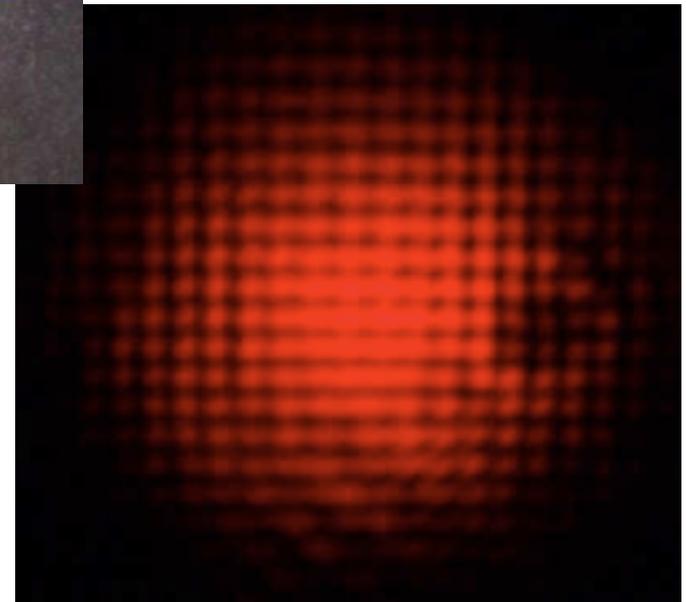
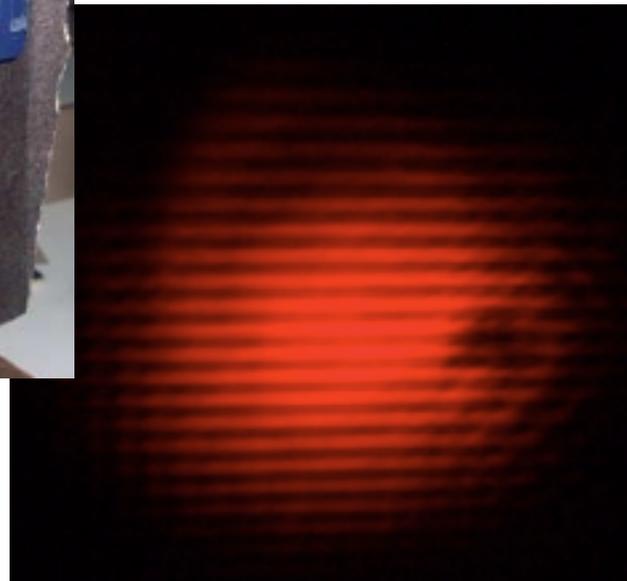


Imagem 6 – Transformada inversa de Fourier da grade



Atividades da semana

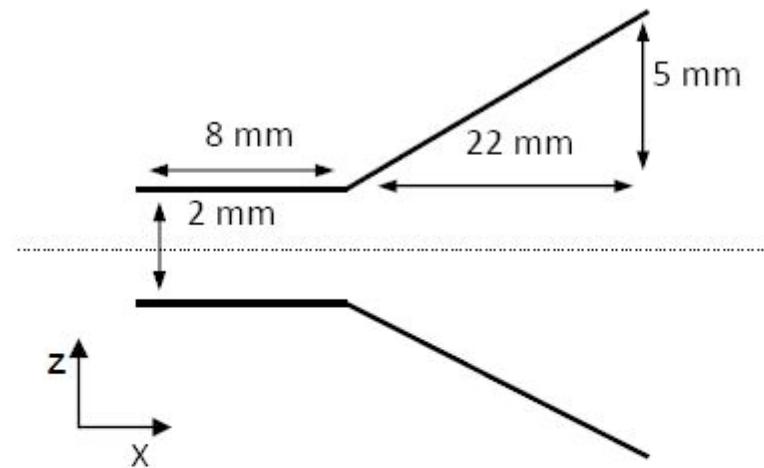
- Dois conjuntos de atividades diferentes
 - Grupo A
 - Terminar as medidas, se necessárias, com o computador óptico
 - Resolver problemas diversos com análise de Fourier
 - Grupo B
 - Continuar os estudos sobre difração e análise dos dados

Atividades da semana (grupo A)

- Processamento de imagens com imageJ
 - ImageJ pode ser baixado gratuitamente do endereço:
 - <http://rsbweb.nih.gov/ij/>
 - Olhe os tutoriais, em especial:
 - Para filtragem de imagens:
 - <http://rsbweb.nih.gov/ij/docs/examples/FFT/index.html>
 - Para medir dimensões através de uma transformada de Fourier:
 - <http://rsbweb.nih.gov/ij/docs/examples/tem/index.html>

Atividades da semana (grupo A)

- Familiarização do imageJ. Identificando os padrões da T.F.
- Usando a imagem ao lado, faça as seguintes atividades
 - Obtenha a TF desta imagem.
 - Apague somente as linhas verticais da imagem original. Obtenha a TF e compare à da imagem completa. Verifique quais frequências foram removidas e comente.
 - Repita o procedimento anterior removendo, de cada vez:
 - As linhas horizontais
 - As linhas diagonais,
 - Os números e letras.



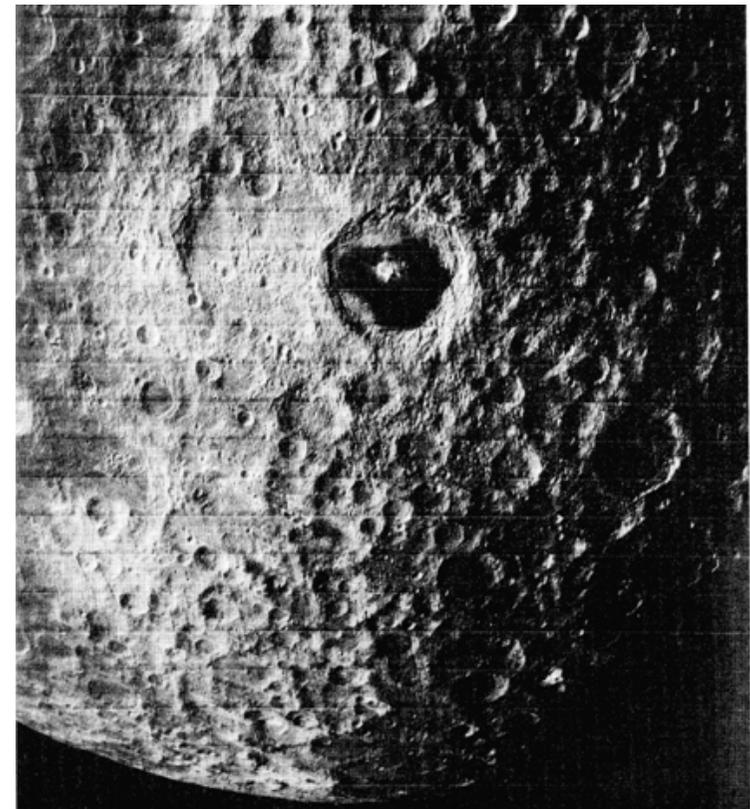
Atividades da semana (grupo A)

- Trabalhando a Transformada do Fourier ☺
- Usando a imagem ao lado:
 - Obtenha a TF desta imagem.
 - Apague, na TF de Fourier as frequências de tal forma que, após a reconstrução da imagem tenhamos (uma de cada vez):
 - Apagado o quadriculado do paletó do Fourier
 - Temos removido a sombra na sua testa
 - Temos suavizado (desfocado) a imagem

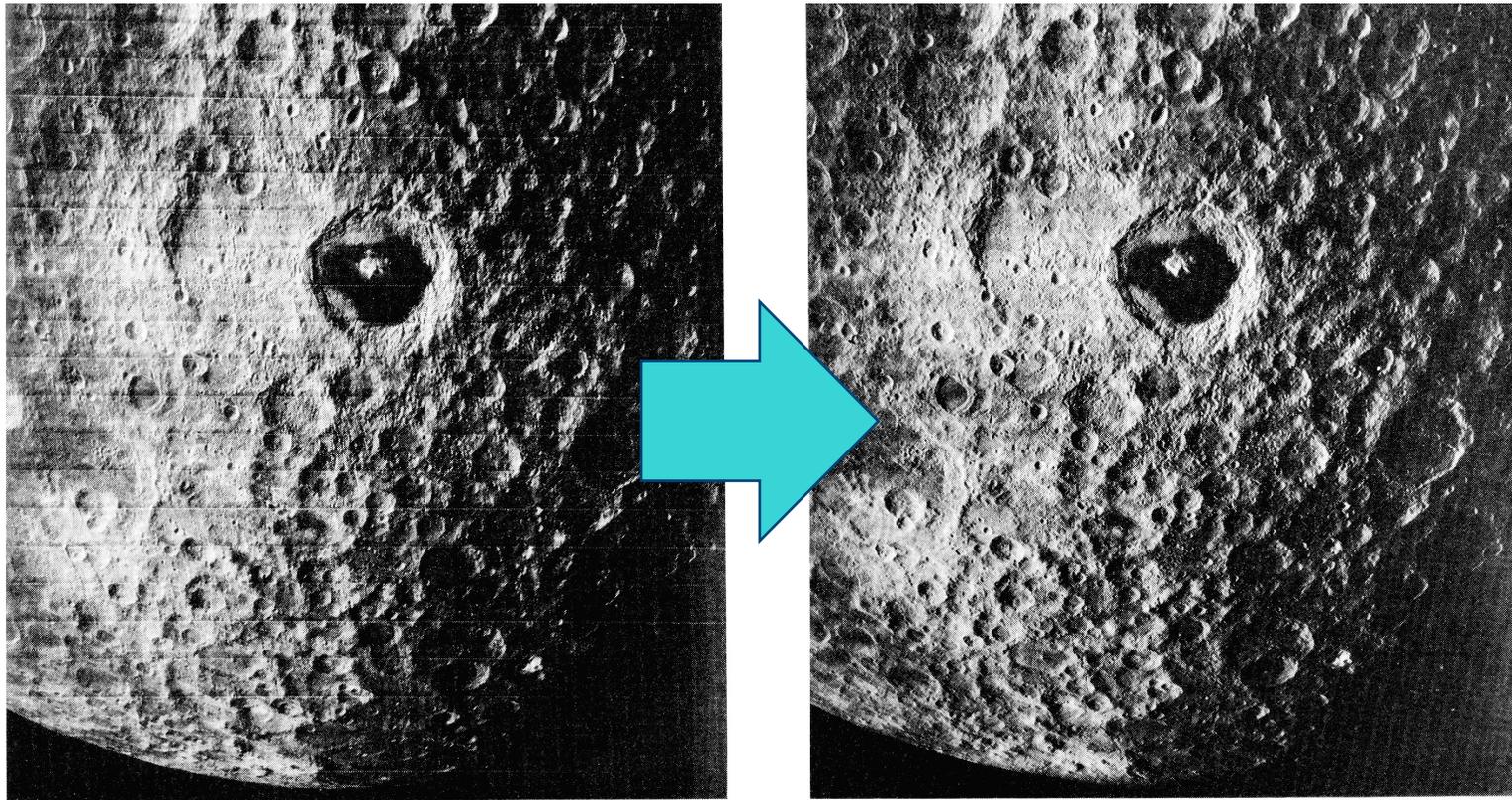


Atividades da semana (grupo A)

- Filtragem da foto da LUA.
- Usando a imagem ao lado, faça as seguintes atividades
 - Obtenha a TF desta imagem.
 - Remova as frequências necessárias para que as linhas horizontais da imagem desapareçam na imagem reconstruída, com perda de definição mínima.



Atividades da semana (grupo A)

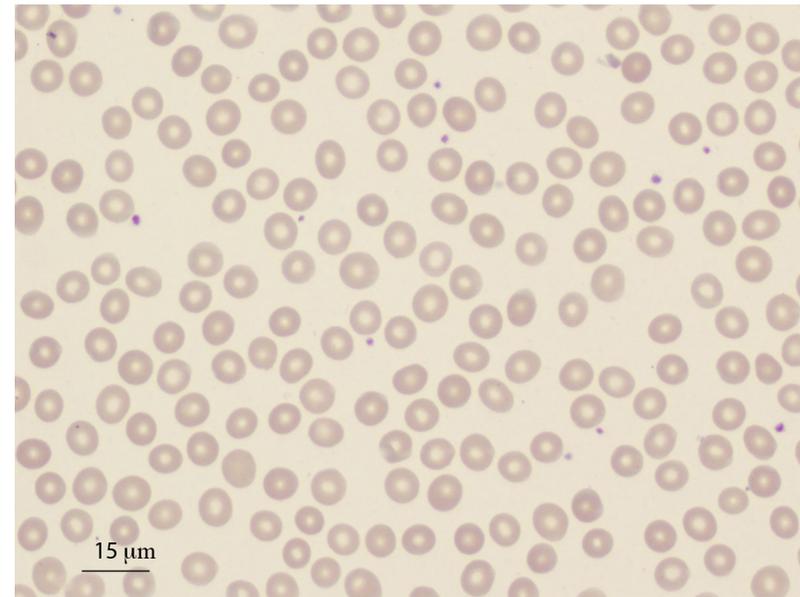


Atividades da semana (grupo A)

- Verificando os dados do computador óptico da semana passada
- Grade de fios
- Com a foto do objeto em forma de grade da semana passada
 - Obtenha a transformada de Fourier
 - Aplique, na transformada de Fourier, os mesmos filtros utilizados no computador óptico
 - Reconstrua a imagem filtrada e compare-as às obtidas com o computador óptico
 - Discuta

Atividades da semana (grupo A)

- Quantificando estruturas por meio da Transformada de Fourier
- Tamanho de hemácias do sangue humano
- Usando a imagem ao lado, faça as seguintes atividades
 - Obtenha a TF desta imagem.
 - A partir das estruturas da T.F. Determine:
 - O tamanho médio das hemácias do sangue.



Atividades da semana (grupo A)

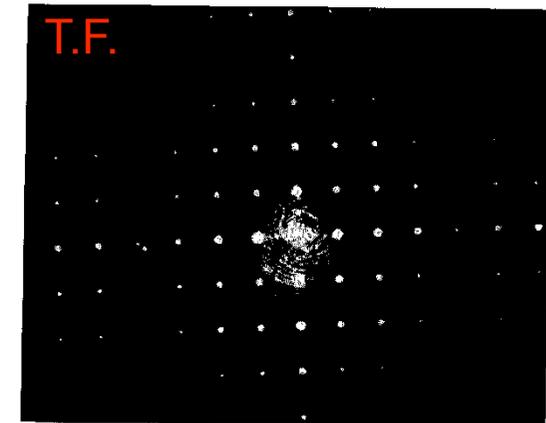
- Como apresentar os resultados?
- Para cada atividade, apresente:
 - Foto inicial
 - Transformada de Fourier da foto inicial
 - No caso de filtragem de imagens
 - Transformada de Fourier filtrada, caso estejamos filtrando imagens
 - Transformada inversa de Fourier
 - No caso da obtenção de dimensões
 - Mostrar os pontos que foram utilizados para determiná-las e como foi feita a análise (critérios de incertezas, por exemplo)
 - Comente os resultados
- Outras figuras no site para quem quiser exercitar.

Atividades da semana (grupo A)

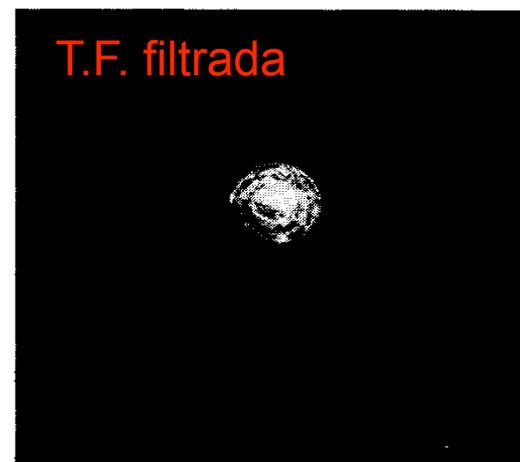
- Exemplo de como apresentar os resultados:
- Comentários:
 - bla, bla, bla



(a)



(b)



Atividades da semana (grupo B)

- Continuar análise dos espectros de difração
 - Terminar de tomar dados, se necessário.
 - Sugiro o seguinte procedimento:
 - Inicialmente corrigir ângulos lidos
 - Dados 0° e 180° devem superpor após correção.
 - Fazer ajustes considerando fundo e tamanho do colimador
 - Olhar os resíduos → ver se estrutura remanescente depende do lado observado
 - Se houver necessidade, tentar levar em conta um possível ângulo da fenda em relação ao laser.

Avisos...

- As figuras estão disponíveis no site do LabFlex para download
 - Boa sorte!
- Aviso: Apresentação da turma na próxima semana, dia 26/5/2009
- Relatório para o dia 1/6/2009