



# Física Experimental IV – FAP214

[www.dfn.if.usp.br/curso/LabFlex](http://www.dfn.if.usp.br/curso/LabFlex)

[www.fap.if.usp.br/~hbarbosa](http://www.fap.if.usp.br/~hbarbosa)

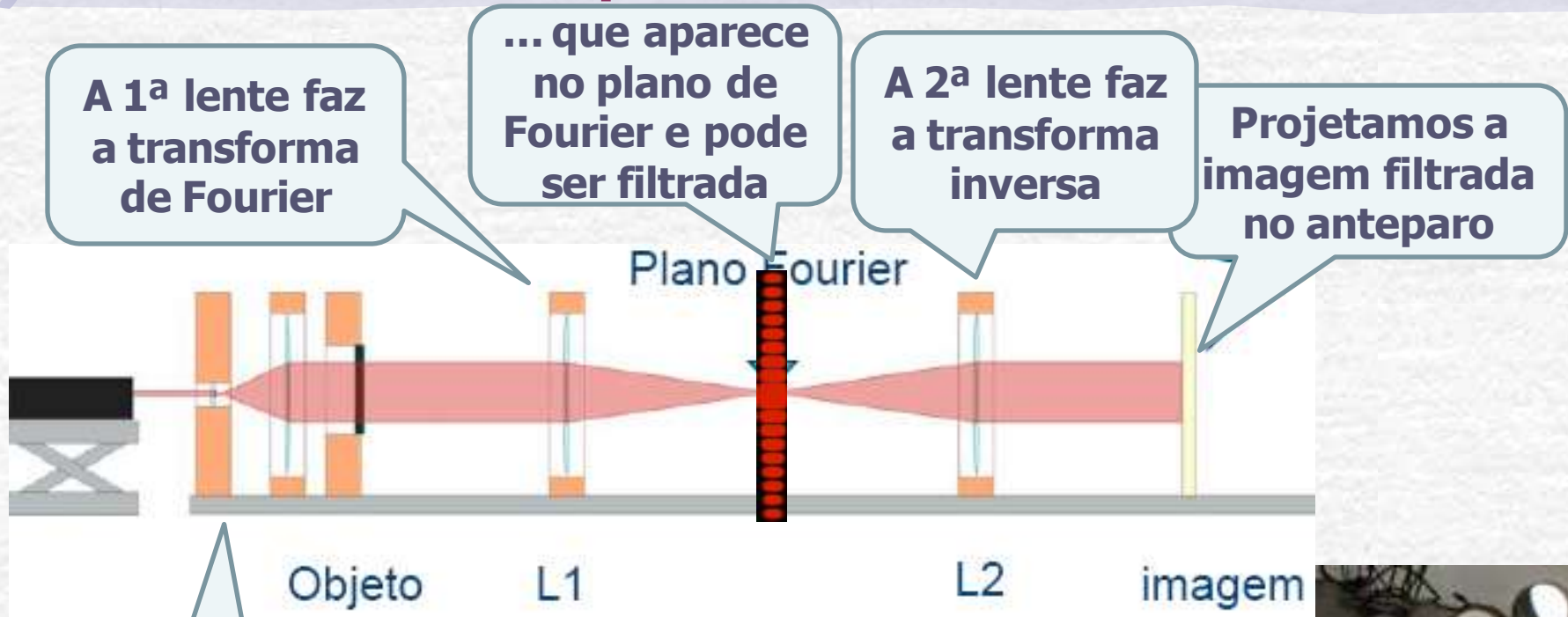
## Aula 5, Experiência 2

## Processamento de Imagem

# TAREFAS SEMANA PASSADA



# Computador Ótico



o laser ilumina o objeto

COMPUTADOR  
ÓTICO





# Atividades da semana: Fenda

- Montar o computador ótico:
  - Monte o conjunto de lentes para aumentar o feixe do laser
  - Em seguida coloque, uma fenda simples como objeto, no plano focal da lente  $L_1$  (lente da transformada). Fotografe.
  - Procure a figura de difração do objeto (com um anteparo) no plano focal do outro lado da  $L_1$ . Fotografe.
  - Coloque a lente  $L_2$  a uma distância igual à soma dos focos das lentes  $L_1$  e  $L_2$ .
  - Retire o anteparo e observe num anteparo distante a imagem recomposta (pela lente  $L_2$ ) do objeto. Fotografe
- Compare a figura de difração observada na aula anterior para fenda simples com a figura que observou no plano de Fourier. Comente as diferenças e/ou semelhanças.

# Atividades da semana: filtros

- Aplicação de filtros:
  - Troque a fenda simples por uma grade.
  - Observe o plano de Fourier
  - Descubra um filtro capaz de eliminar as linhas verticais da grade
  - Depois elimine as linhas horizontais.
- Tire fotos:
  - Do arranjo experimental
  - Da grade
  - Da figura no plano de Fourier
  - Da imagem recomposta da grade
  - Dos filtros
  - Das imagens recompostas da grade com aplicação dos filtros
- Agora aplique um outro filtro, que elimine os cantos vivos da imagem da grade.
  - Repita todo o procedimento descrito para esse novo filtro.
- Comente os todos os resultados, explicando o que fazem os filtros que escolheu.

# Comp. Ótico com a Fenda

Objeto

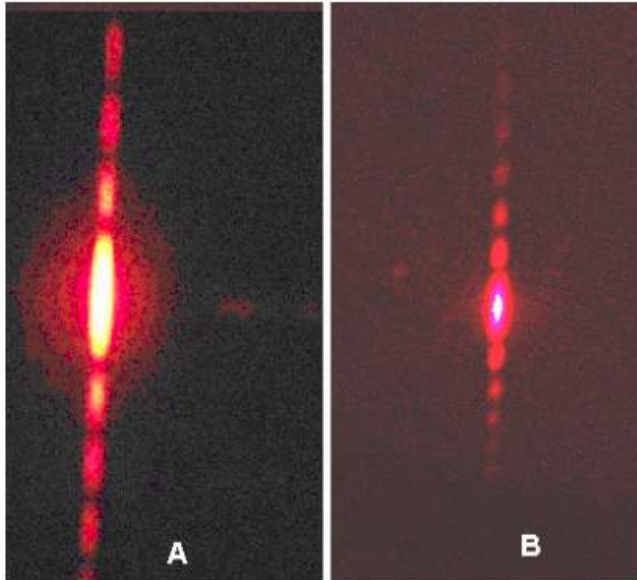


(a)

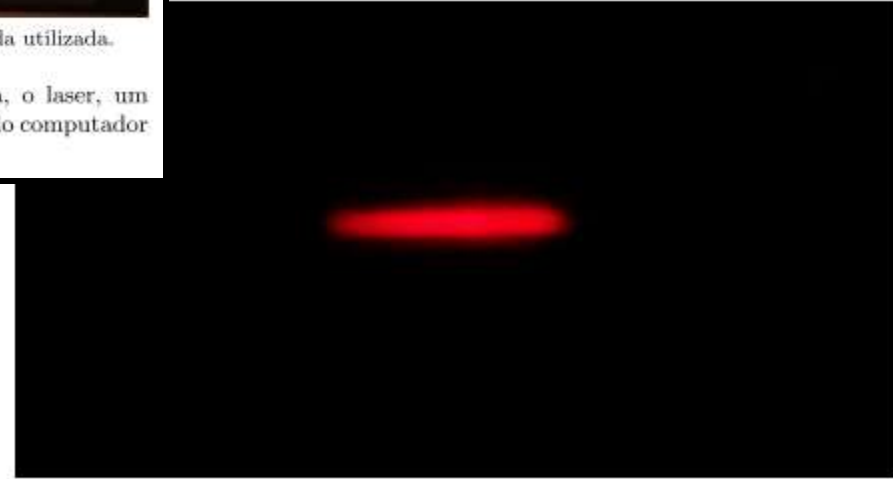


(b) Detalhe da fenda utilizada.

**Figura 1:** Arranjo de lentes para aumento do feixe do laser. Da esquerda para direita, o laser, um colimador, lentes convergentes de distância focal 1 cm e 5 cm e a fenda utilizada como objeto do computador óptico.



**Figura 4:** A) imagem de difração de uma fenda simples obtida na experiência anterior. B) Obtida no plano de Fourier, imagem de difração de uma fenda simples.



5: Imagem da fenda simples (ampliada), obtida através da transformada inversa.

Reconstituído

No plano de Fourier

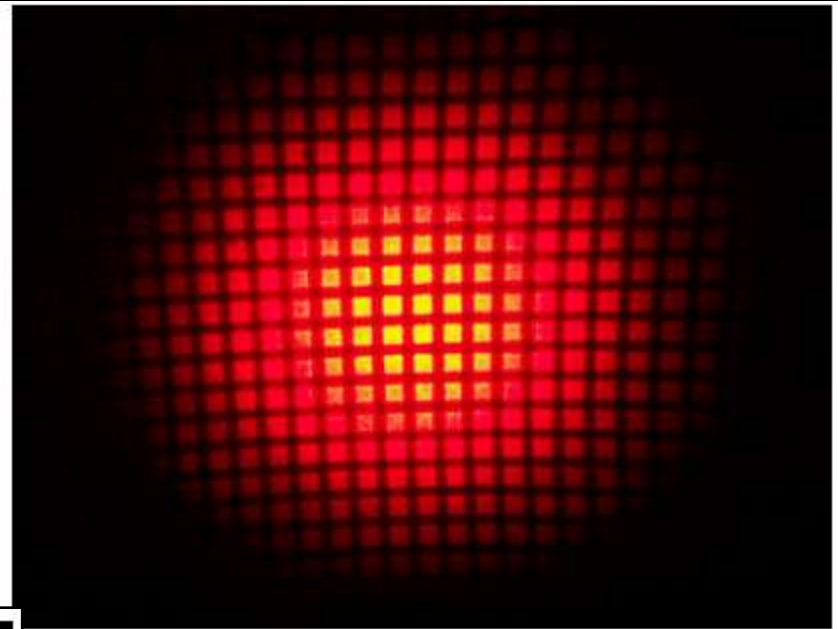


# Com a grade de plástico

Objeto



**Alguns esqueceram de fotografar o objeto...**



a da grade obtida pela transformada inversa formada depois da lente L2.

A grade reconstituída

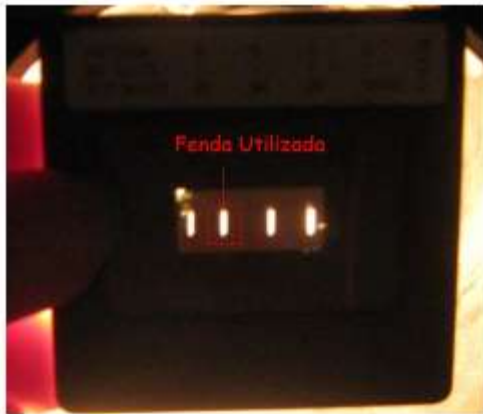


**Cada posição no plano de Fourier corresponde a uma frequência e vcs tinham que aplicar um filtro.**

Figura 6 – Foto do plano de Fourier utilizando uma grade como objeto.

A transformada

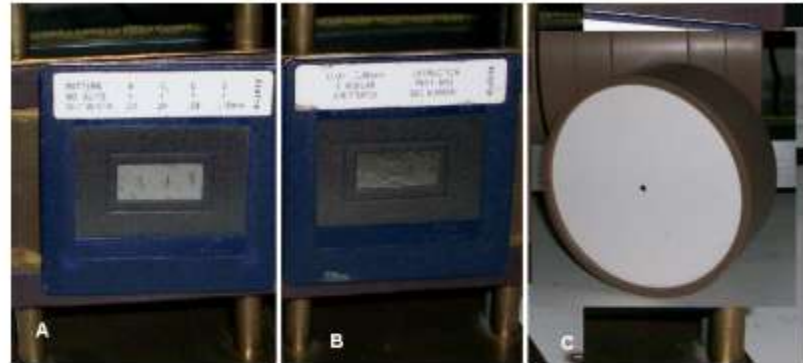
# Os Filtros



**Figura 12.** Figura da fenda utilizada no experimento.



**Figura 10.** Filtro das linhas verticais e horizontais



**Figura 9.** A) Orifício retangular (0,04mm); B) Orifício circular (0,04mm); C) Orifício circular com ponto central (0,04mm)

**Dava para fazer com fita crepe, mas era mais difícil... Pois a informação está muito concentrada próximo do máximo principal.**



**Figura 8 –** Filtros utilizados na segunda parte do experimento.



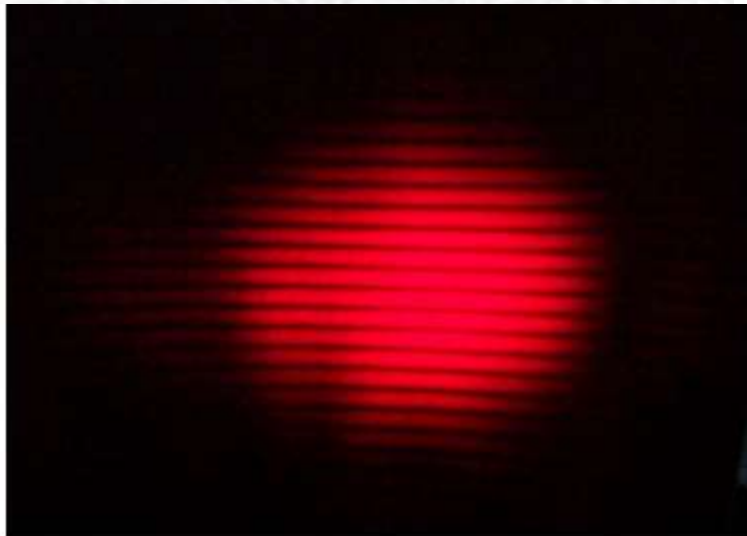
**Figura 7.** Figura do filtro utilizado no experimento.



# Imagem Filtrada



**Figura 9** – Imagens de saída, após aplicarmos os filtros no plano de Fourier, os filtros utilizados foram o para se retirar as linhas verticais, horizontais e os detalhes, respectivamente.



**Figura 11:** Figura da grade após ser aplicado o filtro (fenda simples na vertical).



**Figura 10:** Figura da grade após ser aplicado o filtro (fenda simples na horizontal).

# Problemas 1

- O alinhamento e a distância correta entre as lentes eram fundamentais!

**Imagem com problema, fora de foco, achatando os máximo de intensidade.**

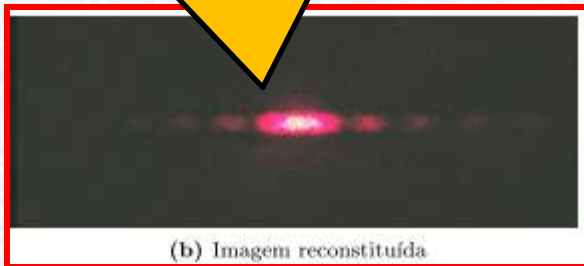
**Imagem muito boa. Tudo vermelho exceto pelas linhas pretas**

**As linhas da grade estão mais grossas do que a parte vazia.**

# Problemas 2

- Para recompor a imagem da fenda, o alinhamento e a distância entre as lentes também era fundamental!

**Algumas fendas reconstituídas pareciam mais a figura de difração...**



**Aqui a fenda começava a se formar na vertical, mas a distância ainda estava errada.**



*Figura 5 – Imagem recomposta da fenda depois de passar pelas lentes L1 e L2 (à esquerda) e imagem difratada por uma fenda simples e larga obtida na aula 2 (à direita).*

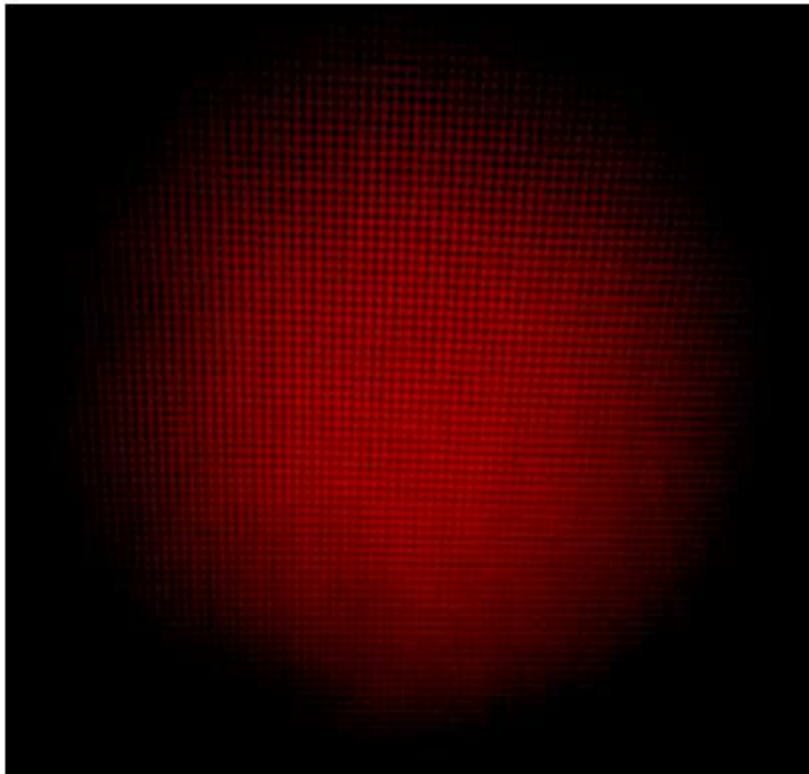


# O tecido

Objeto



A transformada



Como as linhas do tecido estão muito próximas, a difração é mais "forte".



no plano de Fourier da tela.

O tecido reconstituído

Figura 14: Imagem ampliada da tela, obtida no foco da segunda lente.

# HOJE: Processamento de Imagem





# Óptica Geométrica e Física

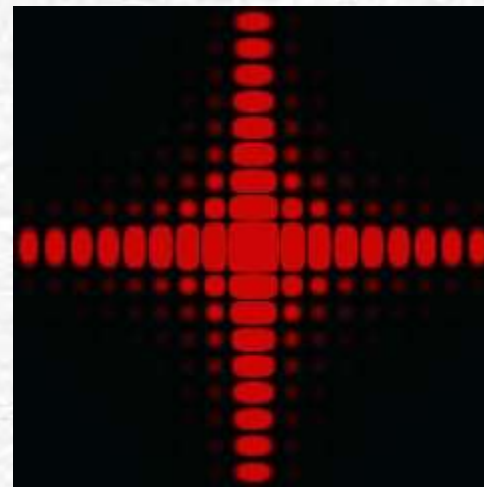
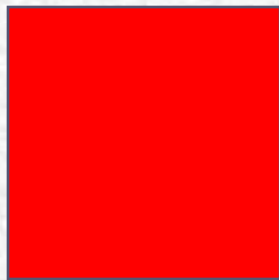
- Objetivos – Estudar alguns fenômenos de óptica física e geométrica
  - Estudo de lentes simples, sistemas de lentes e construção de imagens
  - Interferência e difração
  - Computador óptico
    - Análise de Fourier bi-dimensional
    - Processamento de imagens



# Difração e transformada de Fourier

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

$$\hat{E}(k_x, k_y) = \iint \varepsilon(x, y) e^{-j(k_x x + k_y y)} dx dy$$



# TF como método de edição de imagens

- Em algumas circunstâncias, o uso da T.F. pode ser bastante útil na edição de imagens
- Por exemplo:
  - Remoção de ruídos e artefatos
    - Quando estes possuem frequência muito bem definida, sendo bem localizada na T.F.
  - Remoção de padrões
    - Por exemplo, uma cerca pode ter um padrão de frequências bem definidas.
  - Filtros de efeitos especiais
    - A remoção de algumas frequências pode criar efeitos interessantes

# Tratamento de imagem

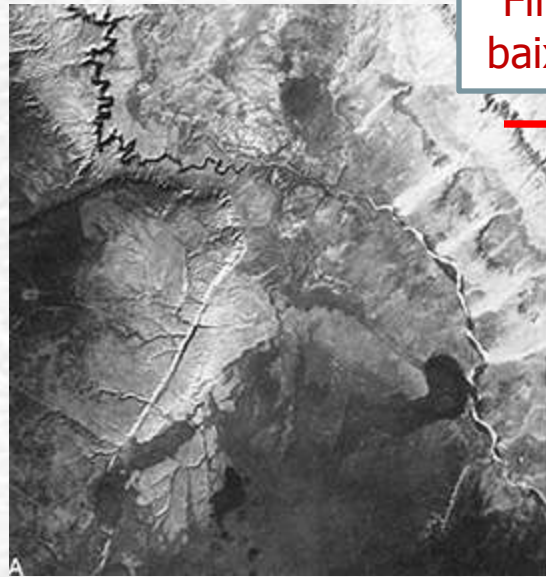
- Hoje:
  - tratamento de imagem se faz por intermédio de software
  - há inúmeros programas, alguns vêm em chips, de modo a não serem copiados
- Neste laboratório vamos utilizar o software **ImageJ** que é bastante amigável e versátil e de utilização livre.
  - Baixem para seus computadores  
**<http://rsbweb.nih.gov/ij/>**



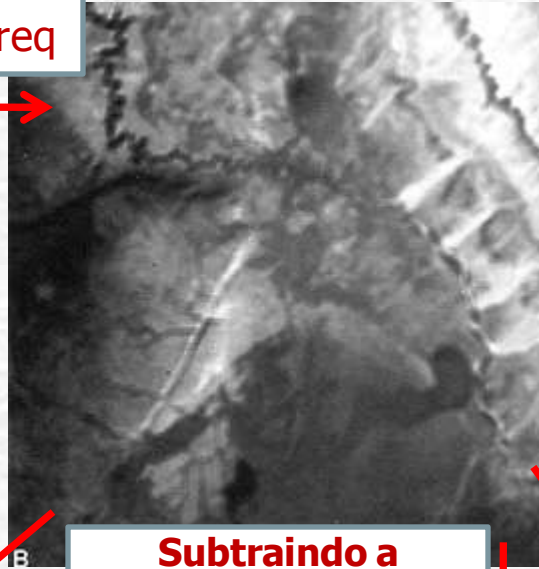
# Reconhecendo Padrões

- Vamos usar o ImageJ para consolidar os conhecimentos sobre difração e transformada de Fourier.
- Isto será feito através de vários exercícios em sala, no lab e em casa com o ImageJ
  - Elementos simples (orifícios, fendas, ...)
  - Figura da placa do TRC
  - Reproduzindo os resultados do comp. ótico.
- Aplicações com imagens de pesquisa reais:
  - Hemácias, nano-wires, etc...

# Tratamento de imagem



Filtro de  
baixa freq

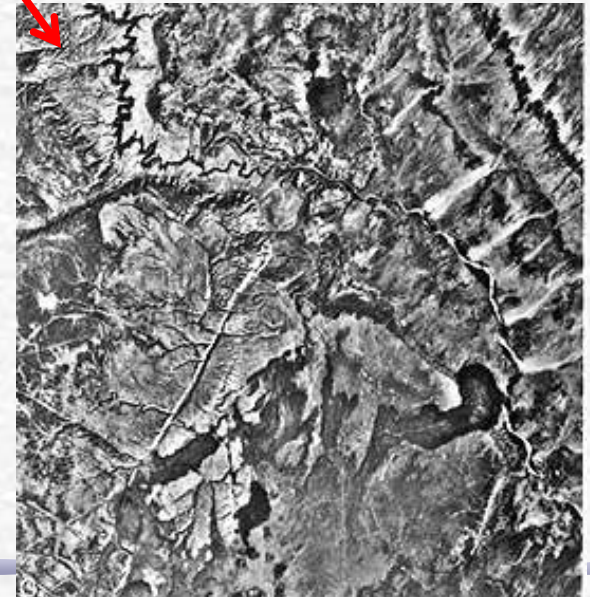
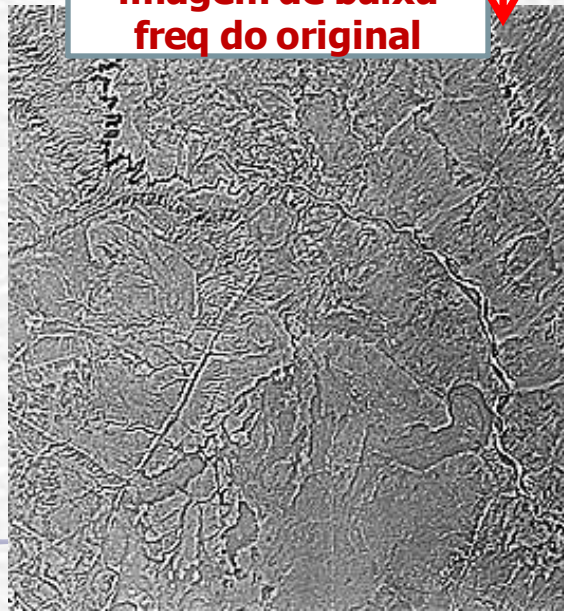


Aumentando o nº de  
pixels na matriz de  
convolução as altas freq  
ficam mais bem definidas

Filtro direcional  
com gradiente



Subtraindo a  
imagem de baixa  
freq do original





# Bactérias

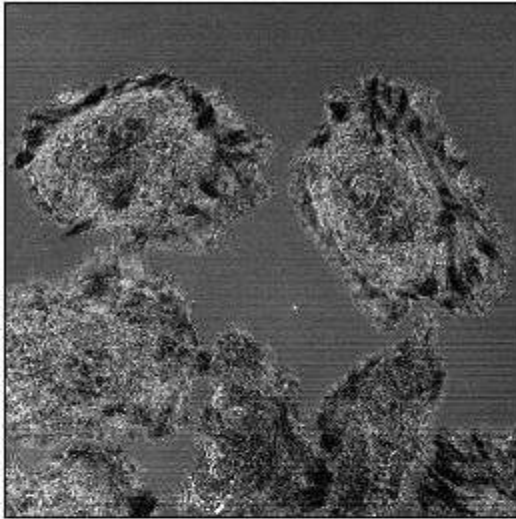
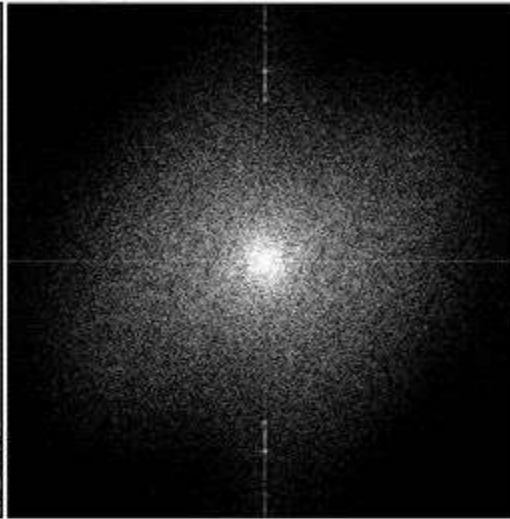
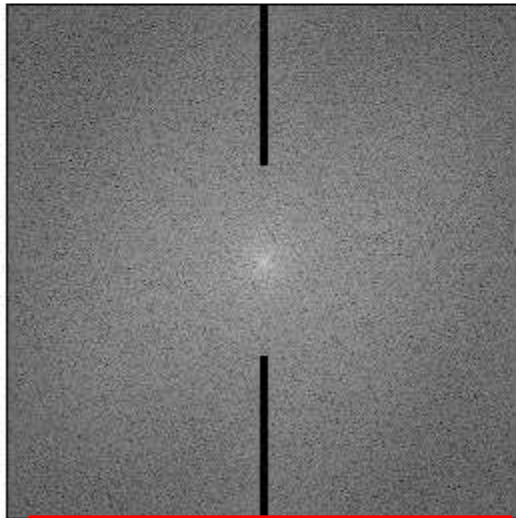


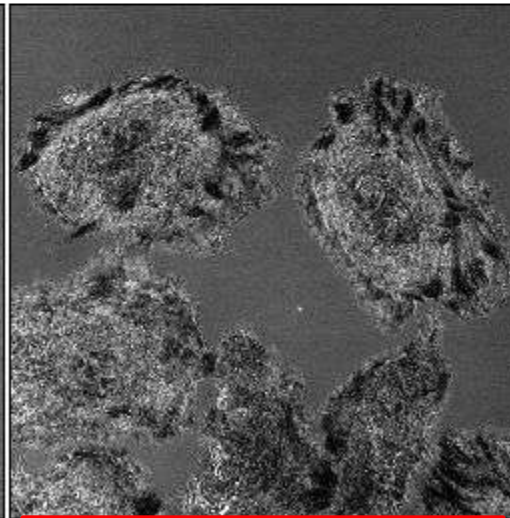
Imagem original:  
microscópio, bactérias



Transformada de Fourier  
calculada pelo ImageJ



Filtro aplicado na  
transformada

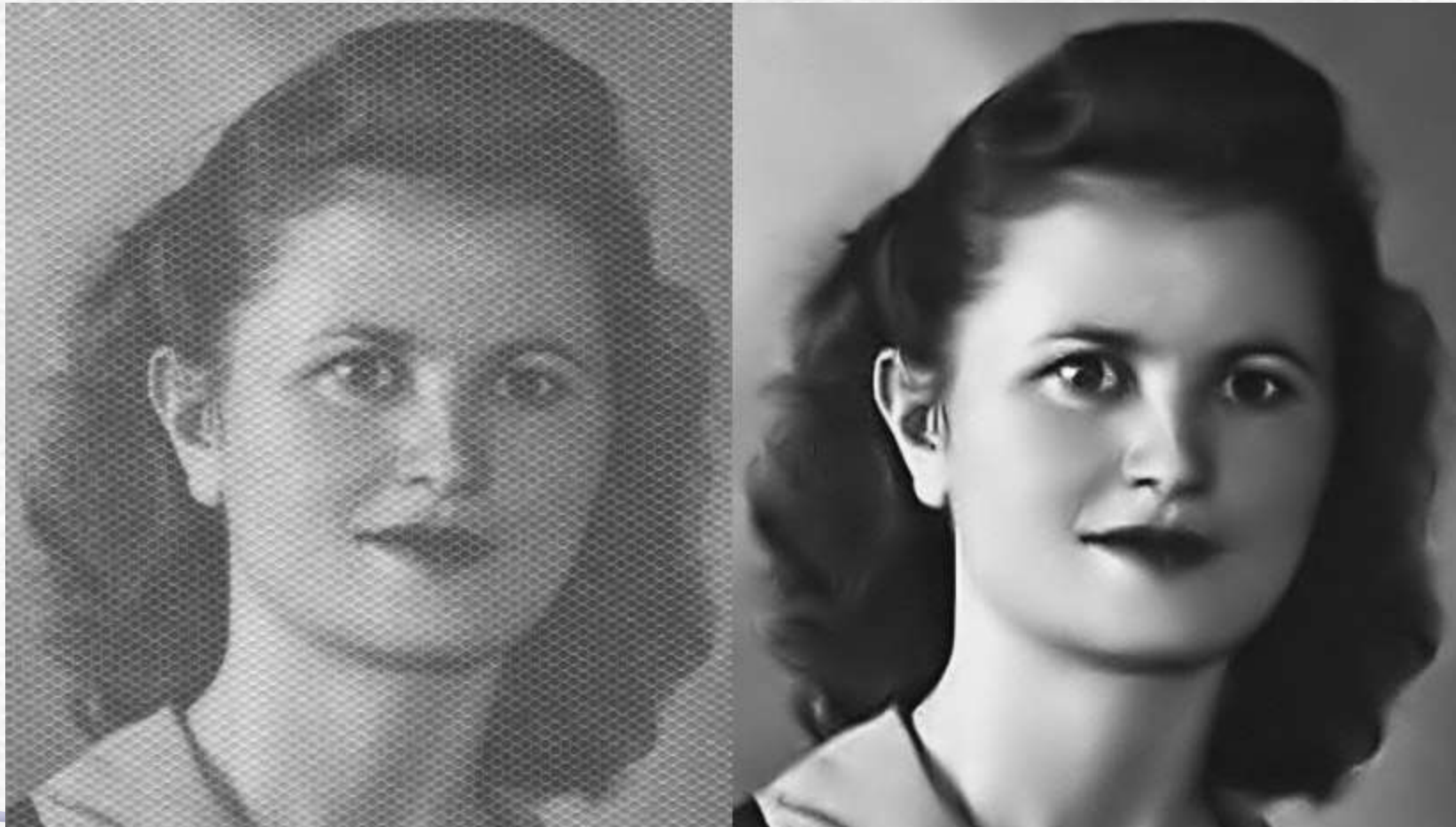


A transformada inversa  
depois do filtro



# Limpando uma Fotografia

- Neste caso, além do filtro para retirar a grade foi aplicado um filtro de baixas frequências que perde definição mas aumenta o contraste.



Unprocessed image of fibroblasts on a coverslip taken with a laser scanning microscope in transmission mode. A square was scratched into the coverslip to locate the cells. Strong shading.

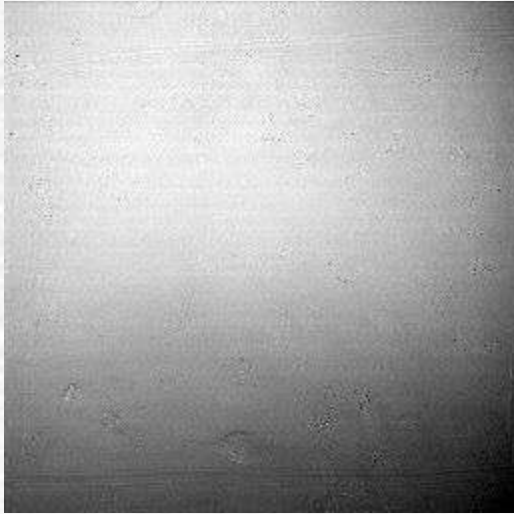


Fig. 3: The same as Fig. 2 plus suppression of horizontal stripes Tolerance: 5%

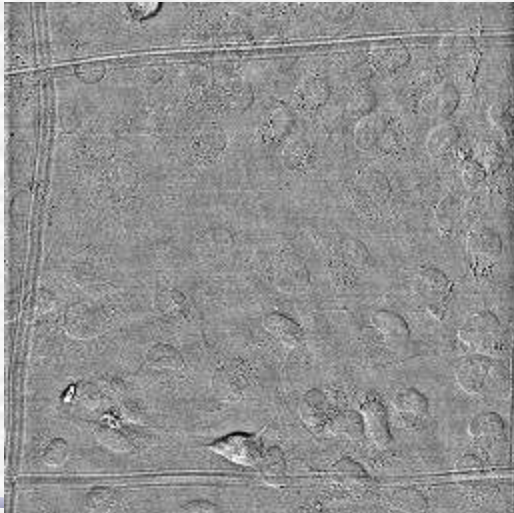


Fig. 2: Same image after filtering of large structures down to 40 pixels small structures up to 3 pixels One clearly sees that stripes, which in this case are due to laser/detector variations or background light from fluorescent tubes, are not suppressed.

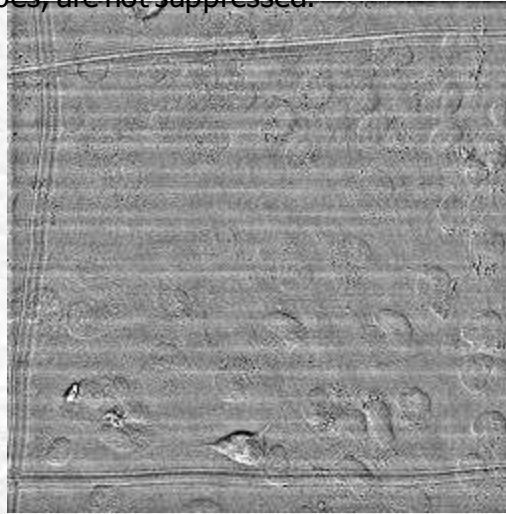
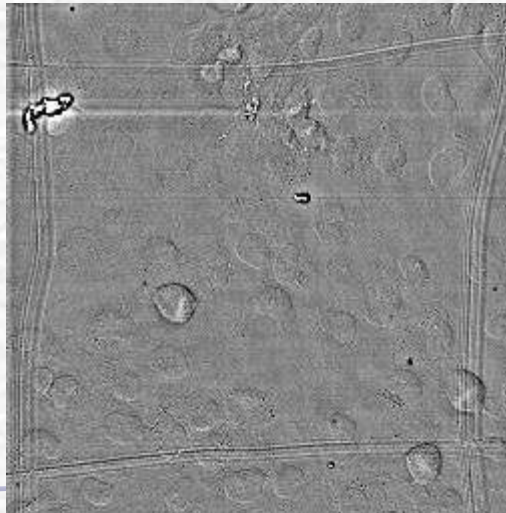


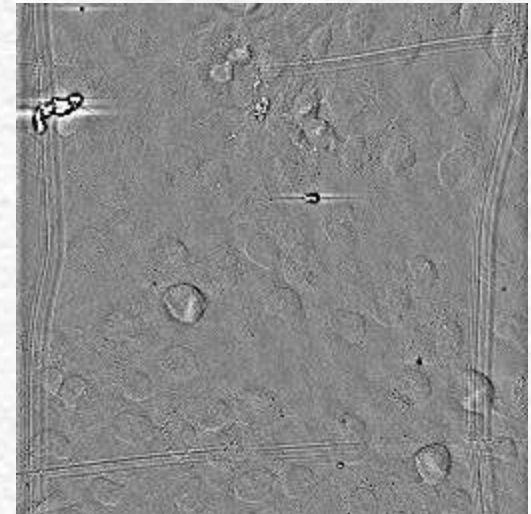
Fig. 4: A similar image with some high intensity dirt after filtering with the same parameters as in Fig. 3. Generally all stripes are removed, but stripe artifacts around the dirt are created



# Fibroblastos

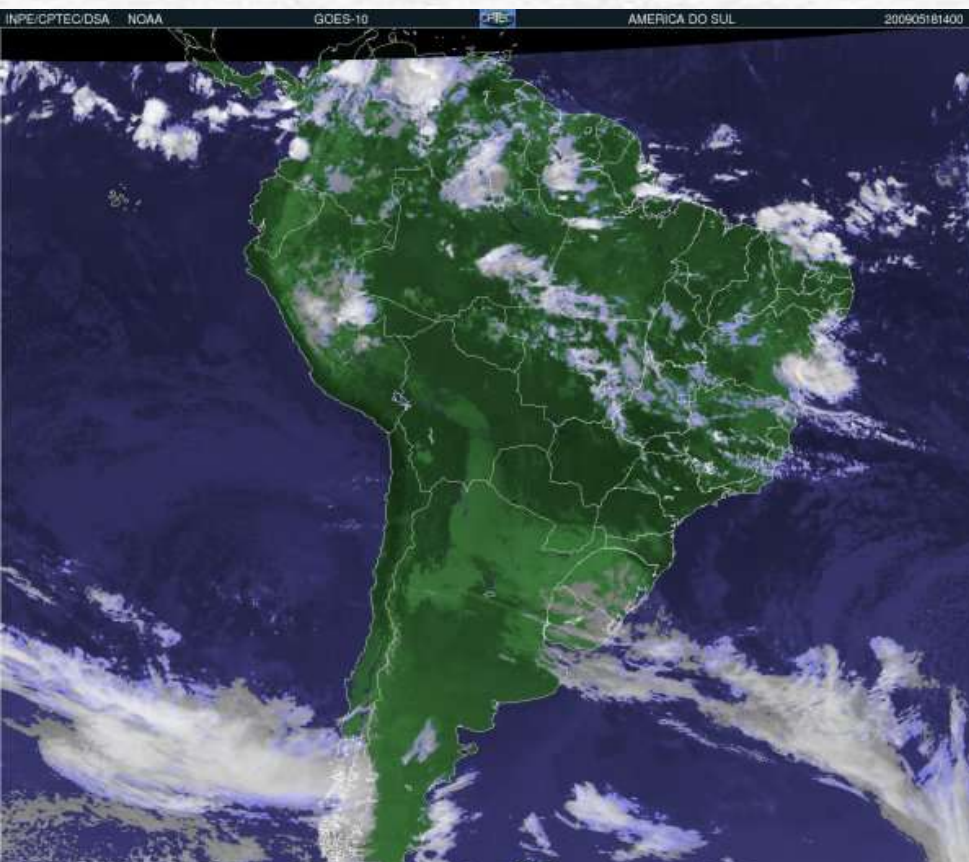
**All images were scaled down from 1024x1024 to 256x256, but FFT Filtering was done at the original resolution.**

Fig. 5: Like fig.4, but with a tolerance of 90% instead of 5%. The stripe artifacts have become shorter. However the upper scratch has vanished in the left corner, where it was almost horizontal, and the stripe artifacts around the small dirt have become a bit stronger.



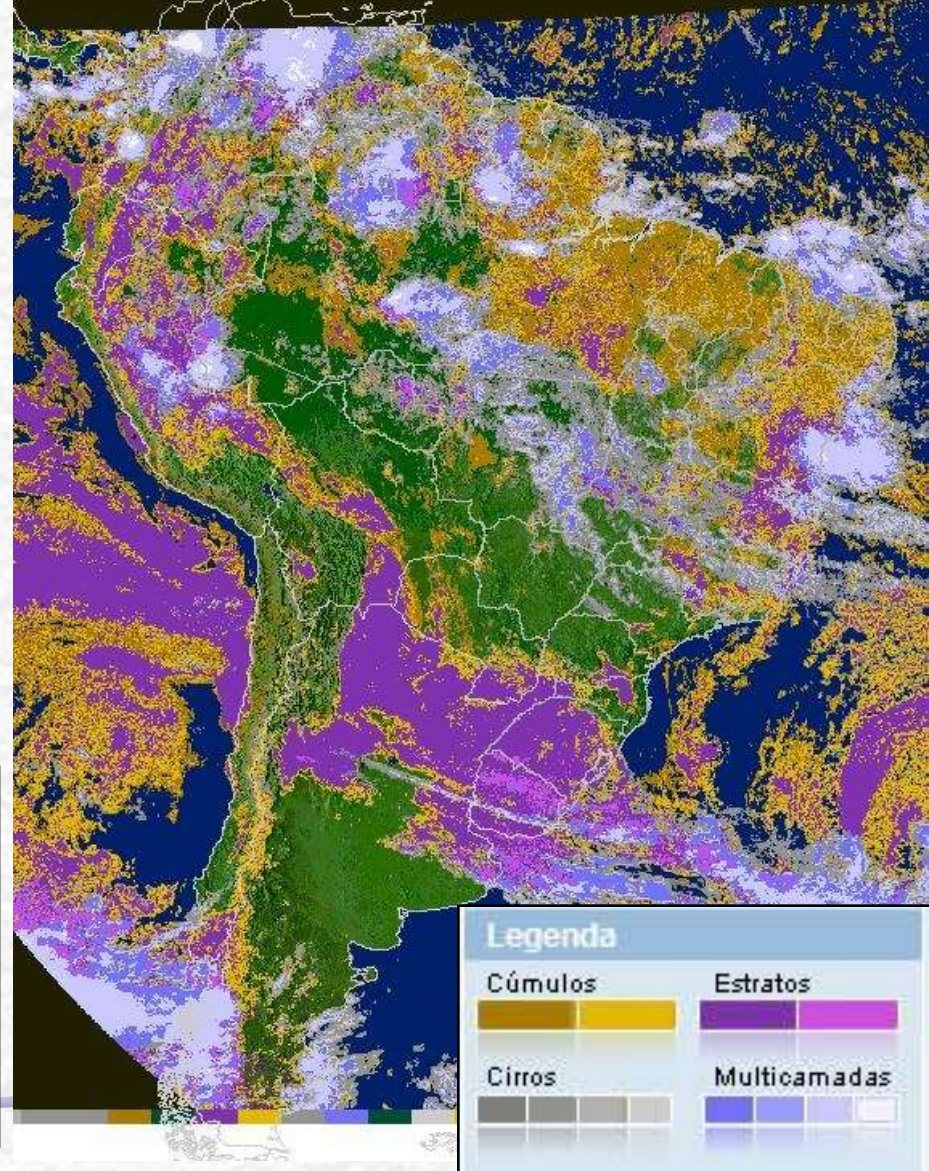


# Classificação de Nuvens



"O GOES é um dispositivo de 5 canais espectrais sendo um Visível ( $0,55-0,75 \mu\text{m}$ ), três canais Infravermelhos ( $3,8-4,0 \mu\text{m}$ ,  $10,2-11,2 \mu\text{m}$ ,  $11,5-12,5 \mu\text{m}$ ) e o canal de Vapor d'Água ( $6,5-7,0 \mu\text{m}$ ). No canal Visível, a resolução é 1 km. Nos canais Infravermelhos, a resolução é de 4km. No canal Vapor d'água, a resolução é de 8 km."

<http://sigma.cptec.inpe.br/nuvens/>

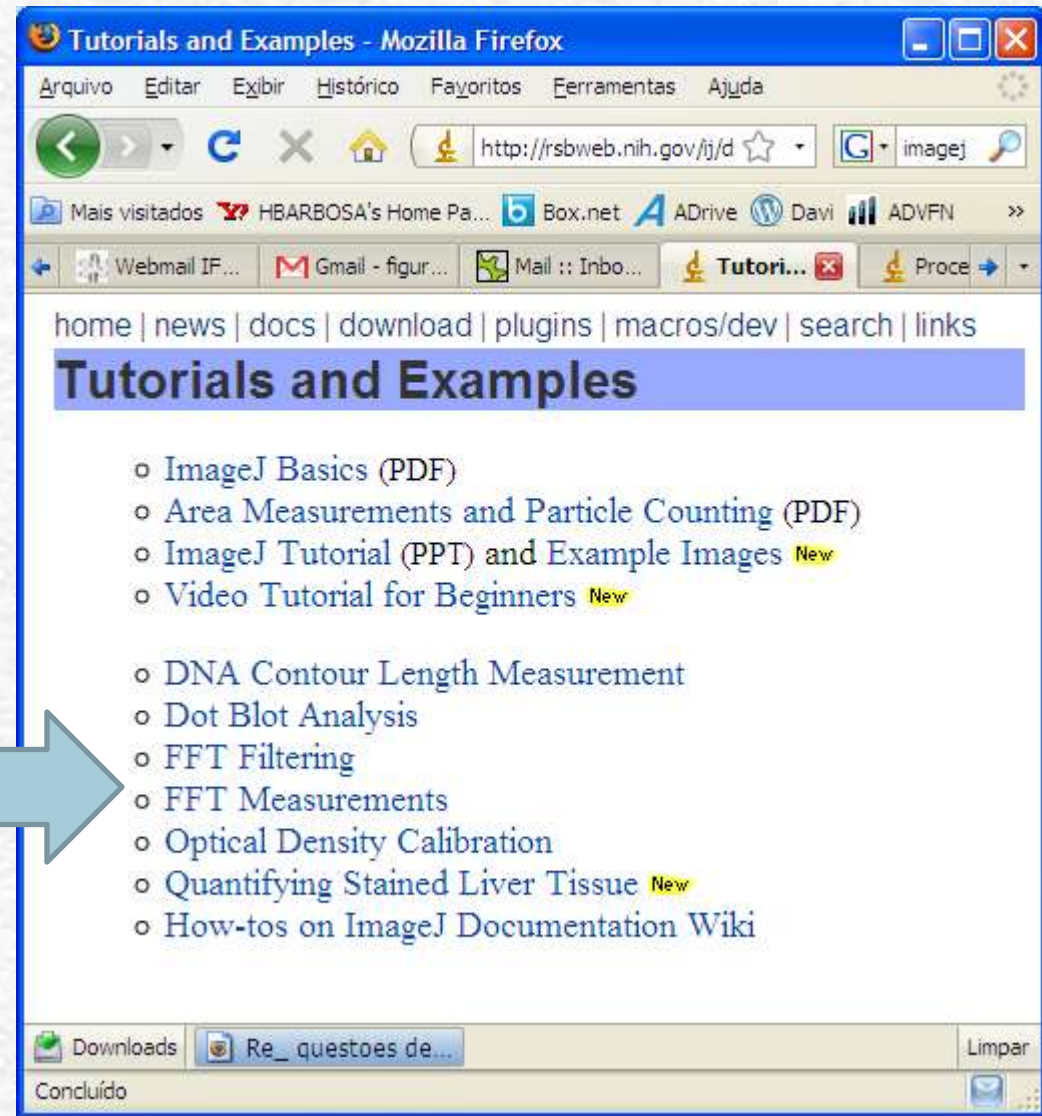




# Usando o ImageJ

- No site do ImageJ há vários tutoriais e exemplos.
  - É a maneira mais fácil de aprender a usar o programa!

Vejam  
principalmente  
aqueles sobre  
FFT



É possível exportar uma imagem como texto, para abrir no origin, por exemplo:  
File -> SaveAs -> Text Image

# Usando o ImageJ: exemplo

Vamos fazer a transformada de uma linha (i.e. a difração por uma fenda).

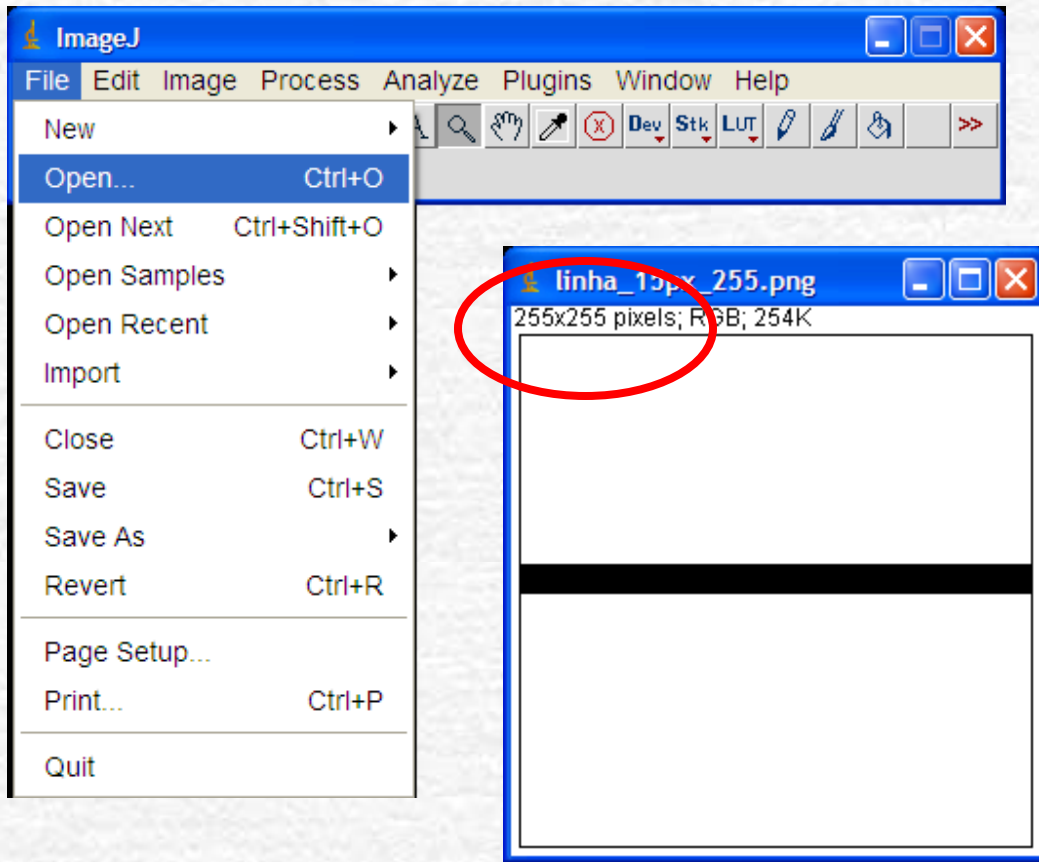
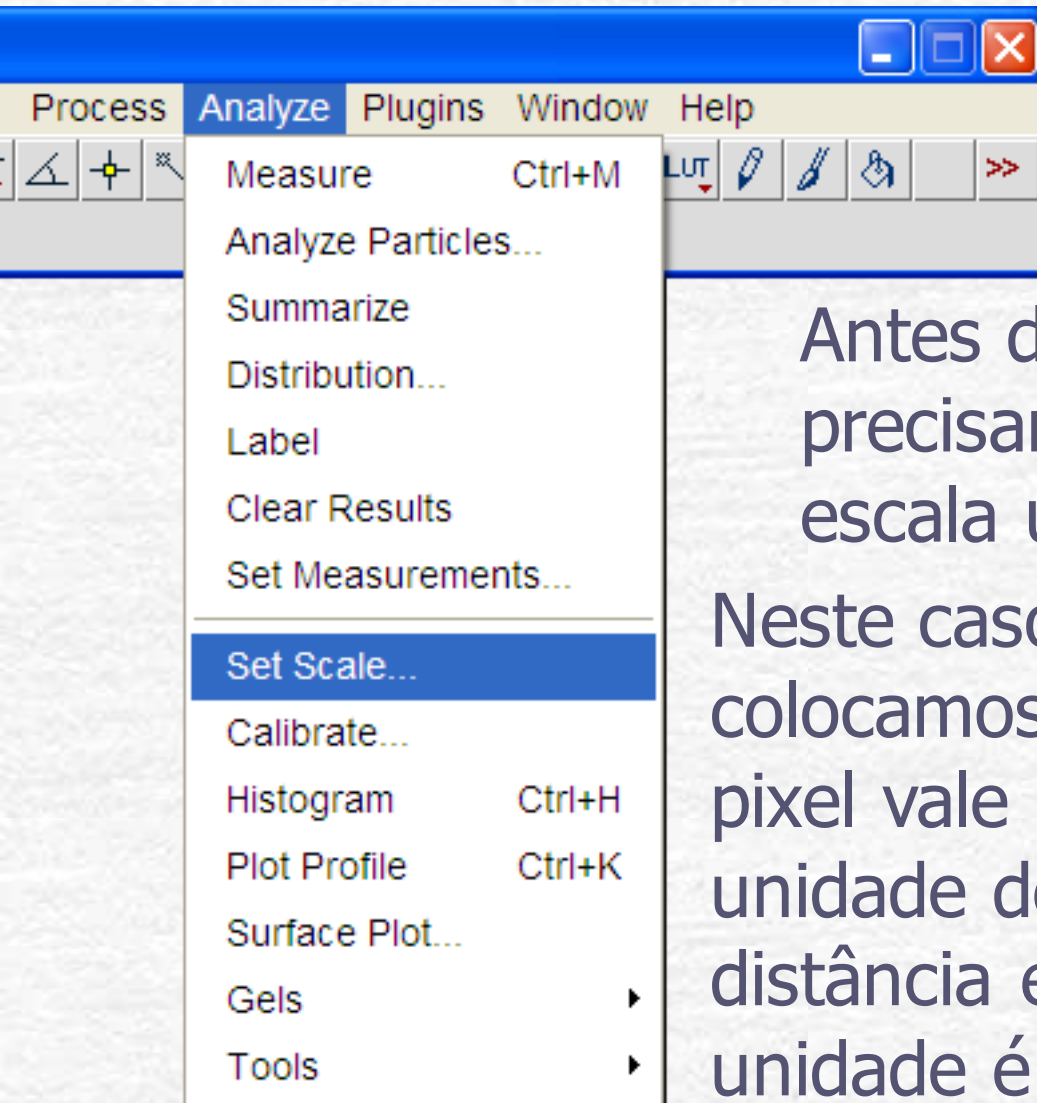


Imagem de 255x255 pixels criada no PaintBrush ou similar. A linha tem 15 pixels.

Como somos os criadores da imagem, definimos a escala:

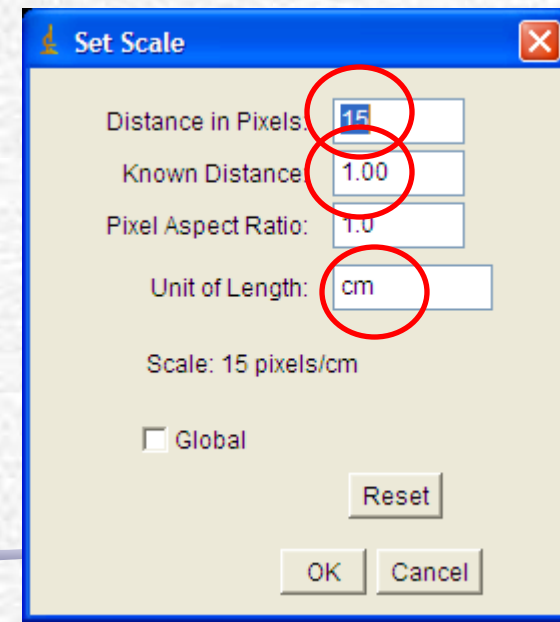
$$15 \text{ pixel} = 1 \text{ cm}$$

# Uando o ImageJ: 'Set Scale'



Antes de processar a imagem, precisamos informar qual a escala utilizada.

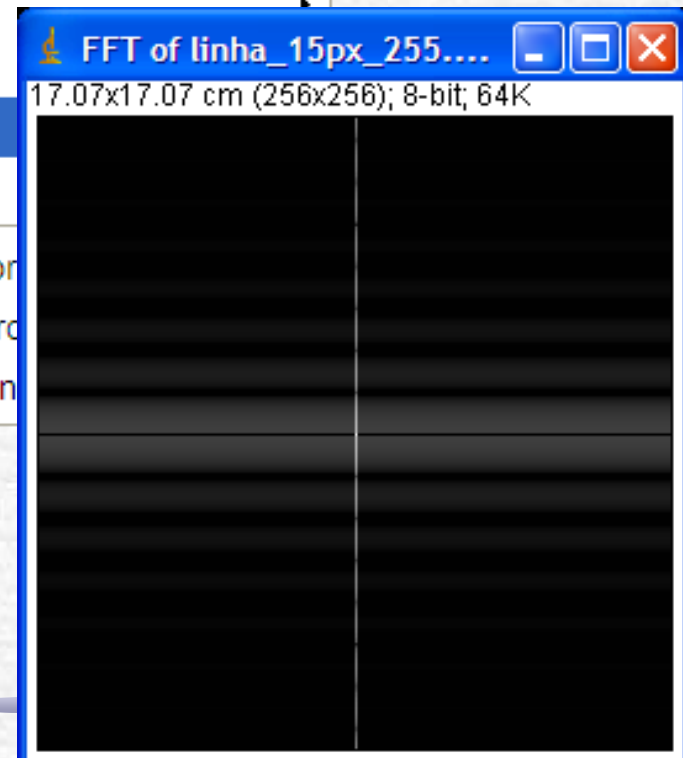
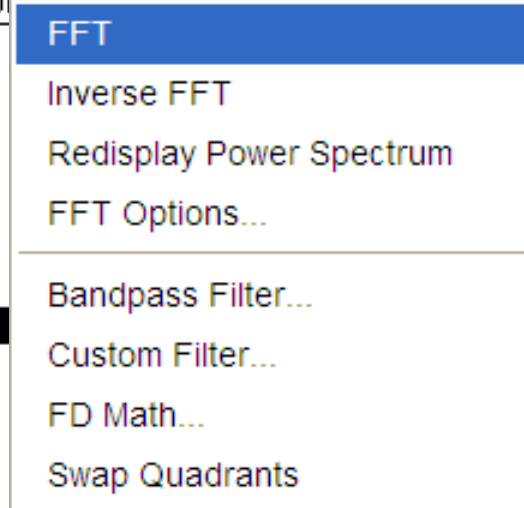
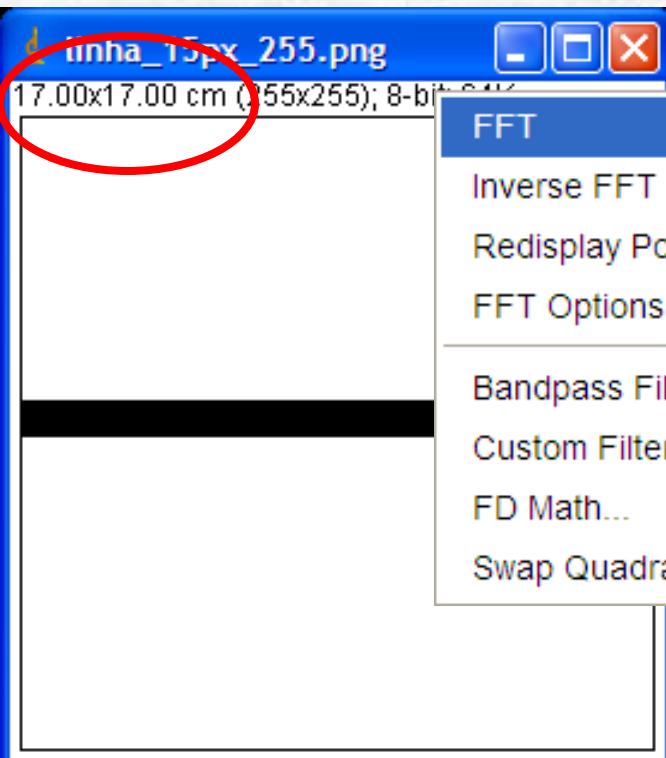
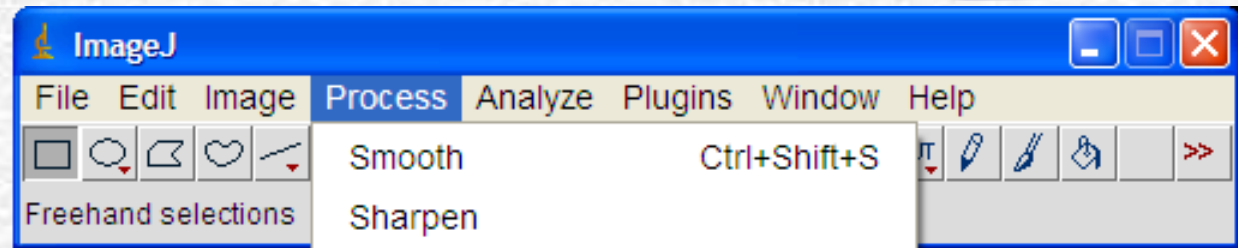
Neste caso colocamos que 15 pixel vale 1 unidade de distância e que a unidade é cm.



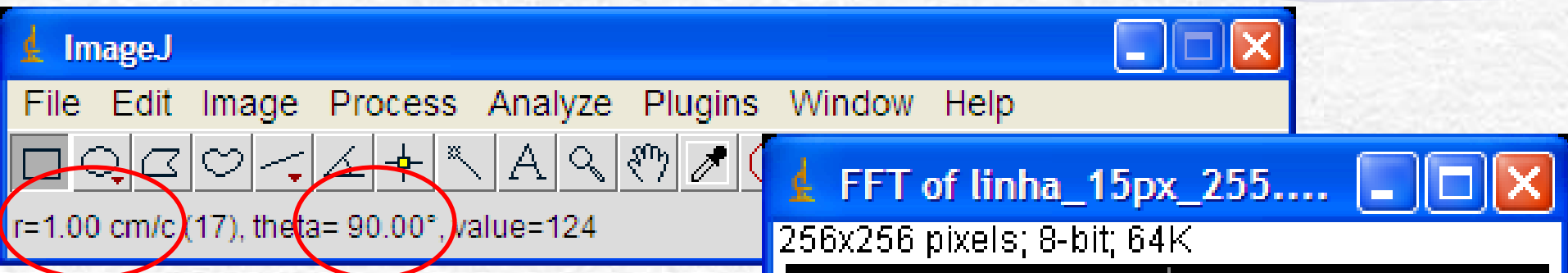


# Usando o ImageJ: 'A transformada'

Agora é só pedir para fazer a transformada direta!



# Usando o ImageJ: Cursor



The screenshot shows the ImageJ application window. The menu bar includes File, Edit, Image, Process, Analyze, Plugins, Window, and Help. The toolbar contains various tools, with the cursor tool (a crosshair) highlighted by a red circle. The status bar at the bottom of the toolbar displays the text:  $r=1.00 \text{ cm/c (17), theta= 90.00^\circ, value=124}$ . A second window titled "FFT of linha\_15px\_255...." is open, showing a 256x256 pixel FFT image with a red crosshair cursor. A text box with a red border and a blue background is overlaid on the FFT image, containing the text: "Como é uma freq espacial, esquecendo o 1/ciclo, temos o comprimento de onda." A red arrow points from this text box to the status bar of the main ImageJ window.

Quando movemos o curso sobre uma janela, podemos ver a posição!

- Na imagem, segue a unidade que definimos
- Na FFT, mostra a **freqüência espacial** (distância/ciclo) usando **coordenadas polares**.

Como é uma freq espacial, esquecendo o 1/ciclo, temos o comprimento de onda.

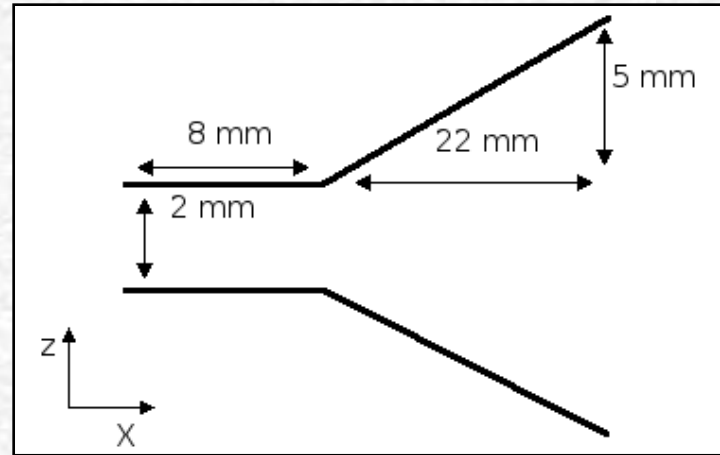
# Para entregar, Exercício 1: TRC

- Dada a figura (**placas defletoras do seletor de velocidades**), encontre a transformada de Fourier dessa imagem.
- Em seguida apague segmento a segmento da imagem, calcule a transformada de Fourier e compare essas transformadas com a transformada da figura completa:
  - Apague só as letras
  - Apague só os segmentos horizontais
  - Apague só os segmentos verticais
  - Apague só os segmentos oblíquos
  - Apague só os números



# Para entregar, Exercício 1: TRC

- Figura: placas defletoras do seletor de velocidades



- A partir dessas comparações estabeleça relações entre as características da imagem e a geometria da transformada
  - Todas as figuras e transformadas devem ser fotografadas ou copiadas para ilustrar suas conclusões

# Exercício 2: Computador ótico

- Fotografe a grade escura usada no computador ótico e calcule a transformada de Fourier da grade. A seguir:
  - Reproduza os filtros utilizados na bancada para retirar as linhas verticais e horizontais
  - Retire a frequência espacial zero
  - Retire as frequências espaciais altas
- Compare com os resultados obtidos na bancada. No caso do filtro na frequência espacial zero discuta o resultado obtido.

# Exercício 3: O próprio Fourier

- **Jean Baptiste Joseph Fourier**
- Calcule a transformada do Fourier. Em seguida aplique filtros para:
  - Retirar o quadriculado do paletó do Fourier
  - Retirar a sombra da testa do Fourier
  - Suavize a imagem (a granulação praticamente desaparece)

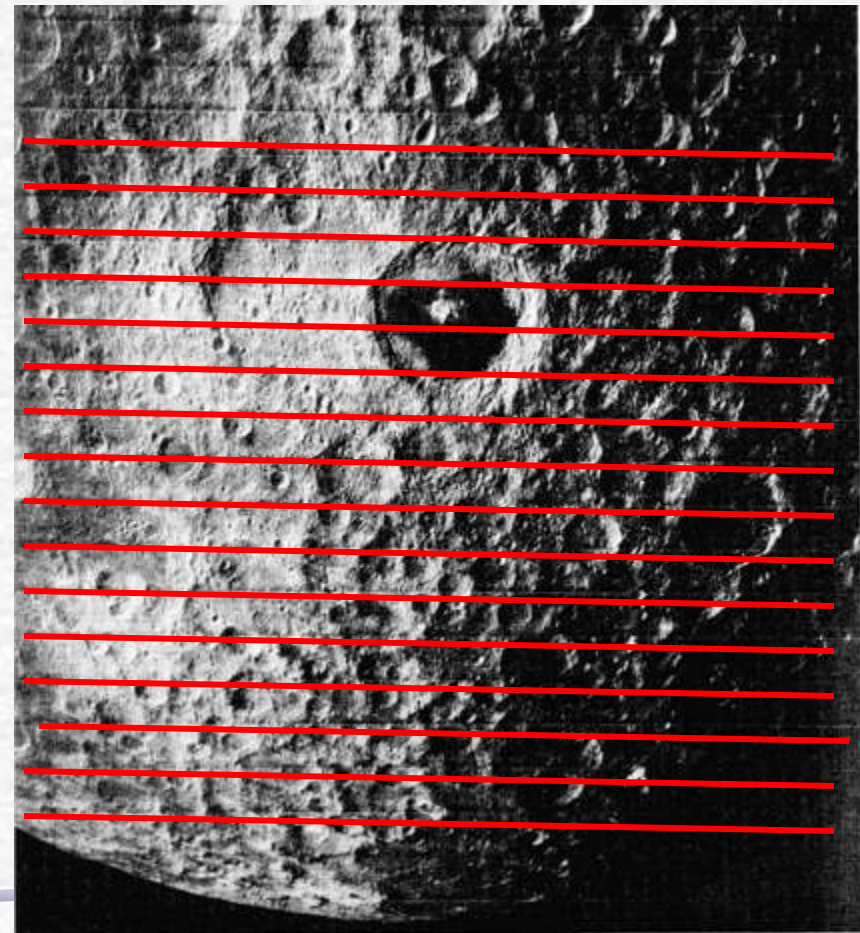


March 21 1768 - May 16 1830



# Exercício 4: Imagem da Lua

- A imagem da Lua chega à Terra por partes e é recomposta.
- É preciso encontrar filtro adequado para eliminar as listas horizontais com perda de definição mínima.

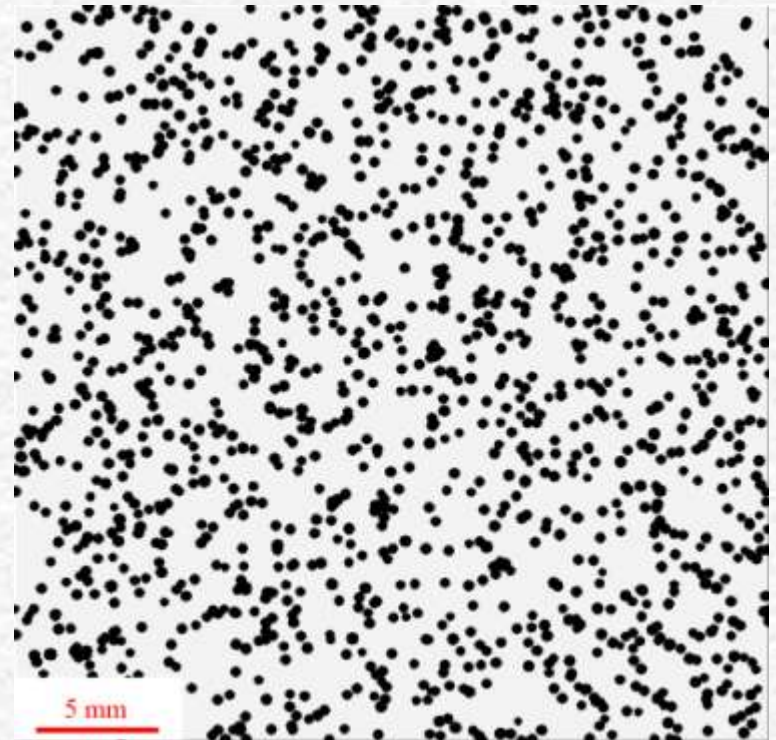


# Para entregar: Aplicações

Quantificando estruturas por meio da Transformada de Fourier

**ESCOLHA APENAS DUAS DAS IMAGENS A SEGUIR!**

- 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 bolinhas da imagem.
    - É possível dizer, a partir da TF, se as bolinhas estão dispostas aleatoriamente?

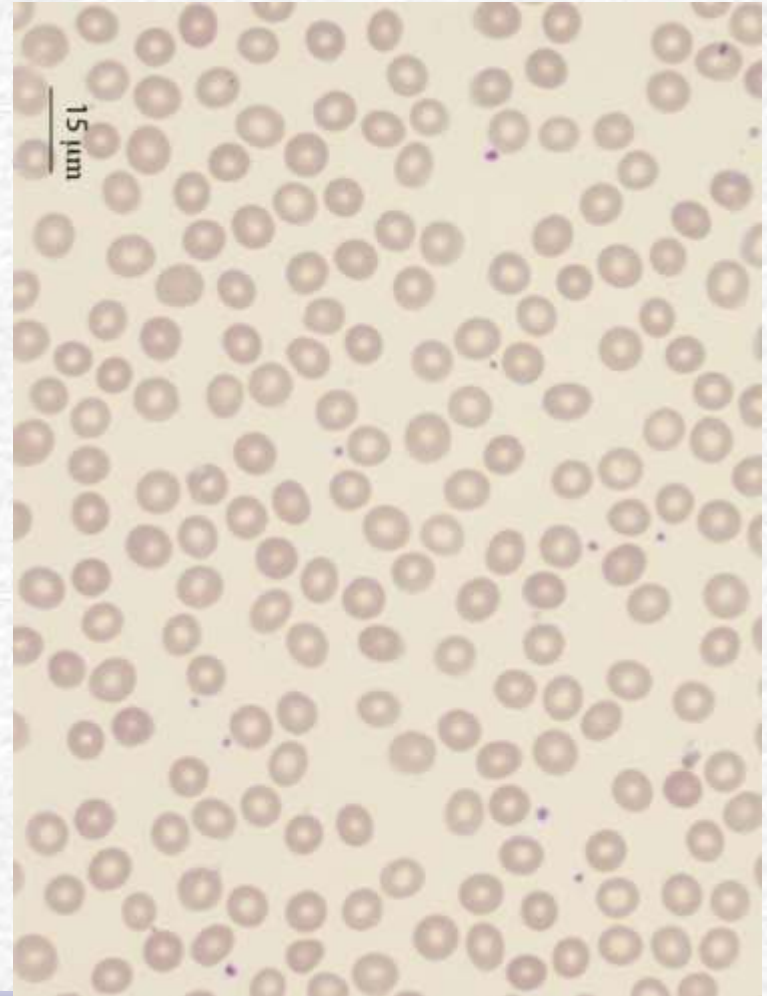




# Para entregar: Aplicações

## 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.

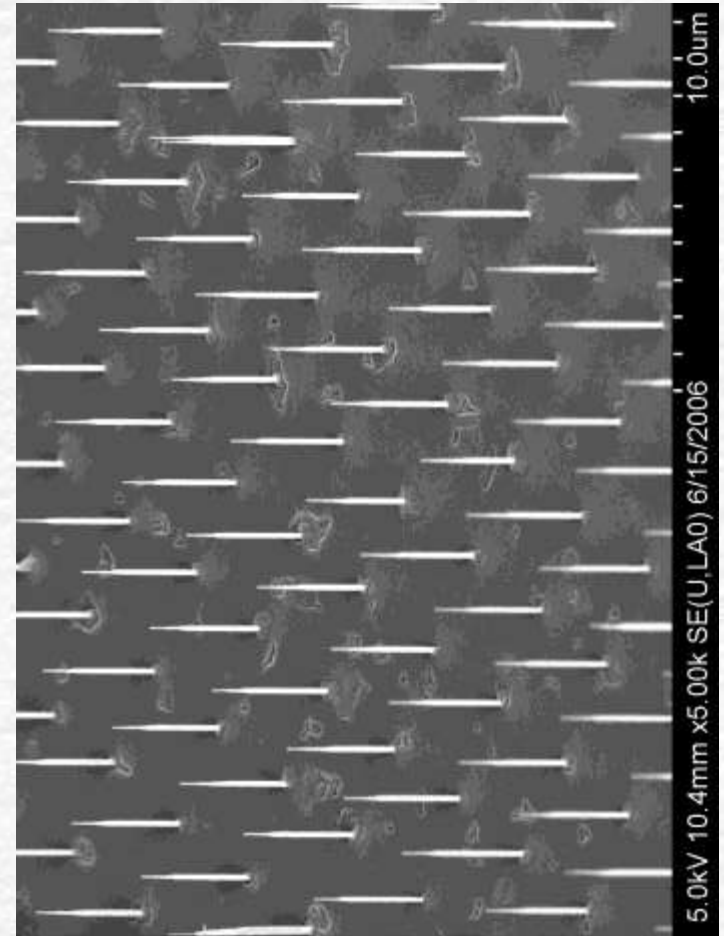




# Para entregar: Aplicações

Quantificando estruturas por meio da Transformada de Fourier

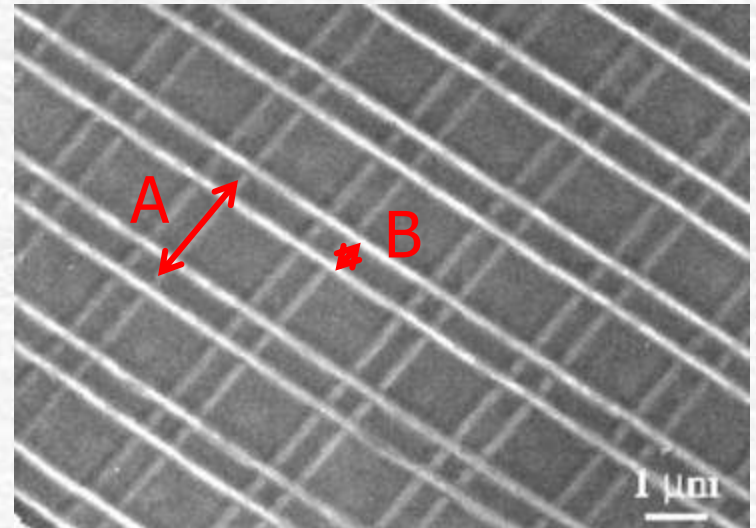
- Largura de nano-tubos de GaS
- Usando a imagem ao lado, faça as seguintes atividades
  - Obtenha a TF desta imagem.
  - A partir das estruturas da T.F. Determine:
    - A largura média dos nano-tubos



# Para entregar: Aplicações

Quantificando estruturas por meio da Transformada de Fourier

- Separação de nano-tubos
- Usando a imagem ao lado, faça as seguintes atividades
  - Obtenha a TF desta imagem.
  - A partir das estruturas da T.F. Determine:
    - As distâncias médias A e B



# 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
    - Indicar os pontos que foram utilizados para determiná-las e como foi feita a análise (critérios de incertezas, por exemplo)
  - Comente os resultados

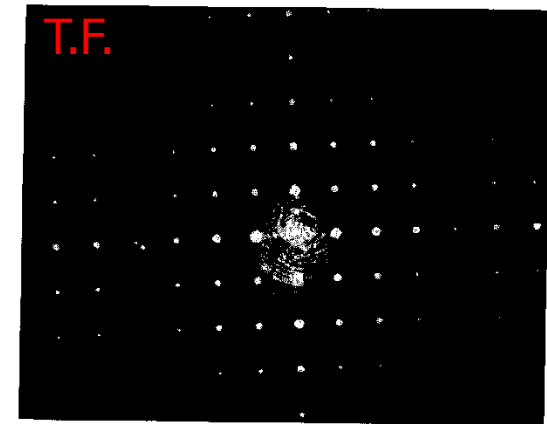


# Como apresentar os resultados?

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



(a)



(b)

