

SISTEMAS DE IMAGEM

GUIÃO LABORATORIAL

(versão 22 de outubro de 2019)

Introdução

As aulas laboratoriais da cadeira de Sistemas de Imagem (SI) requerem a leitura dos respetivos guiões ANTES da realização da aula propriamente dita.

Dada a utilização de radiação laser, torna-se imprescindível a leitura do material de apoio disponível sobre CLASSES DE SEGURANÇA E PERIGOS ASSOCIADOS AOS LASERS (<https://www.lia.org/resources/laser-safety-information>).

Observação: Nas fichas do *kit* didático as lentes são referenciadas com base na sua distância focal, em cm. Por exemplo, quando se menciona a lente “+30”, quer dizer que é uma lente com uma distância focal aproximada de +30 cm (ou seja, $f \approx +300$ mm). NO ENTANTO, estes valores são aproximados e os valores reais, incluindo características das lentes, encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização das lentes utilizadas

Ref.	R ₁ (mm)	R ₂ (mm)	Espessura (mm)
-20	153 cc	168 cc	2,5
-10	80 cc	80 cc	3,0
+5	44 cx	44 cx	14,0
+10	84 cx	84 cx	8,0
+15	210 cx	210 cx	3,0
+30	336 cx	336 cx	3,5

Calendarização das aulas (previsão)

A ordem prevista para a realização das experiências cujos guiões são apresentados de seguida é a seguinte:

Datas	Experiências
17/09	Introdução aos laboratórios; definição de grupos de trabalho.
24/09, 01/10, 08/10, 15/10	1, 2, 3 & 4 (ficha 34)
22/10, 29/10, 05/11 , 12/11, 19/11	4 (fichas 26, 40, 41, 42, 43, 44)
26/11, 03/12, 10/12, 17/12	5
Aula extra, se necessário	Aula de dúvidas/substituição

Esta calendarização não é rígida, podendo sofrer alterações.

1. Caracterização de feixes gaussianos

Objetivos: Caracterizar os lasers que serão utilizados em algumas experiências.

Equipamento: lasers de He:Ne, medidores de potência, fita métrica, régua, papel milimétrico.

Procedimentos:

1. Com o medidor de potência faça um número relevante de medições.
2. A diferentes distâncias, meça o diâmetro do feixe. Utilize a teoria dos feixes gaussianos (p.e. ver [1]) para calcular a cintura do feixe e a divergência considerando que o comprimento de onda dos lasers de He:Ne é 632,8 nm.

Análise:

Para cada laser:

1. Qual a potência?
2. Qual o diâmetro da cintura do feixe?
3. Qual a divergência?
4. Qual o impacto da propagação de erros?

Bibliografia

[1] Saleh B.E.A., Teich M.C., Fundamentals of Photonics (2ª edição, Wiley, 2007), secção 3.1.

2. Luneta astronómica

Objetivos: Implementar uma luneta astronómica e analisar as imagens resultantes.

Equipamento: laser de He:Ne, carril, deslizadores, lentes, medidor de potência, papel milimétrico.

Procedimentos:

3. Com as lentes de +15 e +5, distância focal aproximada em cm (*kit* didático), posicione os componentes de forma a ampliar o feixe laser (o feixe emergente deve estar colimado e ser maior que o incidente no sistema óptico).
4. Meça a potência do feixe antes e depois da luneta.
5. Fixe bem os componentes ao carril e comprove, apontando para longe o sistema óptico e olhando através dele, o funcionamento como luneta.

Análise:

1. Na ampliação do feixe laser, como varia o valor da irradiância antes e depois da luneta? Compare com o fluxo (potência) na mesma situação.
2. Qual a ocular e qual a objetiva?
3. Qual a ampliação do telescópio? (verifique na prática e compare com o previsto teoricamente)
4. Que tipo de imagem observou?

3. Luneta de Galileu

Objetivos: Implementar uma luneta de Galileu e analisar as imagens resultantes.

Equipamento: laser de He:Ne, carril, deslizadores, lentes, medidor de potência, papel milimétrico.

Procedimentos:

1. Com as lentes de -10 e +30, distância focal aproximada (*kit* didático), posicione os componentes de forma a ampliar o feixe laser (o feixe emergente deve estar colimado e ser maior que o incidente no sistema óptico).
2. Meça a potência do feixe antes e depois da luneta.
3. Fixe bem os componentes ao carril e comprove, apontando para longe o sistema óptico e olhando através dele, o funcionamento como luneta.

Análise:

1. Na ampliação do feixe laser, como varia o valor da irradiância antes e depois da luneta? Compare com o fluxo (potência) na mesma situação.
2. Qual a ocular e qual a objetiva?
3. Qual a ampliação do telescópio? (verifique na prática e compare com o previsto teoricamente)
4. Que tipo de imagem observou?

4. Formação de imagem de objetos pontuais. Propriedades paraxiais. Aberrações.

Objetivos: Estudar o fenómeno das aberrações na formação de imagem (*).

Equipamento: *kit* didático

Procedimentos: Ver fichas do *kit* didático

Análise: Ver fichas do *kit* didático.

Alterações às indicações nas fichas:

Ficha 40: experimentar usar o obturador $\phi 20$ em vez do $\phi 10$, se necessário para melhorar a observação do fenómeno.

Ficha 41: experimente com a lente +10 em vez da +15.

5a. Filtragem espacial e colimação de um feixe coerente

Objetivos: Implementar um filtro espacial a um feixe laser e colimar esse mesmo feixe.

Equipamento: laser de He:Ne, filtro espacial (objetiva + abertura + posicionador de 4 eixos), lente (ref. #60, $f \sim 150$ mm), alvo, diafragma.

Procedimentos:

1. Identifique o eixo de emissão do laser ao longo da mesa óptica e a posição aonde atinge a parede oposta.
2. Coloque o filtro espacial, FE, próximo da saída do laser. Garanta, utilizando as riscas “tipo-alvo” no suporte do FE, que o feixe laser incide no centro da objetiva.
3. Afaste a objetiva da abertura (mova no eixo dos z) e coloque o alvo próximo do FE.
4. Movimente a abertura (transversalmente) até passar luz (visível no alvo).
5. Aproxime a objetiva da abertura e vá corrigindo transversalmente de forma a manter um padrão de difração concêntrico. Proceda desta forma até obter um feixe filtrado (o que equivalerá a ter apenas o spot central do feixe após passar pela abertura), situação que corresponde a ter a abertura no plano de Fourier da objetiva.
6. Colime o feixe colocando a lente de distância focal $f = 150$ mm depois do FE, a uma distância igual à da sua distância focal.
7. Caso ainda observe que o feixe colimado ainda apresenta anéis de ordem superior, utilize o diafragma para os cortar.

Análise:

1. Qual o grau de dificuldade do procedimento? Identifique fontes de erro/dificuldade.
2. Avalie a qualidade da filtragem e colimação obtidas.

5b. Formação de imagem de objetos extensos. Materialização do espectro de frequências

Objetivos: Análise do espectro de frequências na formação de imagens.

Equipamento: laser de He:Ne + filtro espacial (objetiva + abertura + posicionador de 4 eixos) + lente colimadora*, lentes (ref. #59, $f \sim 400$ mm; ref. 58, $f \sim 100$ mm), objetos, posicionadores, alvo.

Procedimentos:

1. Coloque o suporte do objeto próximo da lente colimadora (plano PO).
2. Coloque a lente da transformada de Fourier, $f \sim 400$ mm, a uma distância do suporte equivalente à sua distância focal.
3. Encontre o plano de Fourier (PF).
 - a. Coloque o difusor aproximadamente no foco e coloque o alvo um pouco depois.
 - b. Movimente o difusor no eixo óptico até ter sobre um spot brilhante e um padrão de *speckle* nítido (e variável) no alvo.
 - c. A posição do difusor vai equivaler ao PF, onde se efetua a filtragem. Identifique esta posição na montagem.
4. Posicione a lente $f \sim 100$ mm de forma a criar uma imagem ampliada do PF.
5. Observe a transformada de Fourier de diferentes objetos.

Análise:

1. Compare a os resultados experimentais com os esperados para a transformada de Fourier de objetos simples (abertura circular, rectangular, etc.).
2. Comente o uso do difusor para encontrar o PF, e qual o papel do padrão de *speckle*.

5c. Materialização do Processamento óptico de imagens: filtragem espacial

Objetivos: Análise do espectro de frequências na formação de imagens.

Equipamento: laser de He:Ne + filtro espacial (objetiva + abertura + posicionador de 4 eixos) + lente colimadora*, lentes (ref. #59 e ref. #62, $f \sim 400$ mm; ref. 58, $f \sim 100$ mm), objetos, posicionadores, difusor (papel ou vidro), alvo, fenda de abertura variável em suporte rotativo, filtros espaciais vários.

Procedimentos:

1. Coloque o suporte do objeto próximo da lente colimadora (plano PO).
2. Coloque a 1ª lente (lente da transformada de Fourier, $f \sim 400$ mm) a uma distância do suporte equivalente à sua distância focal.
3. Encontre o plano de Fourier (PF).
 - a. Coloque o difusor aproximadamente no foco e coloque o alvo um pouco depois.
 - b. Movimente o difusor no eixo óptico até ter sobre um spot brilhante e um padrão de *speckle* nítido (e variável) no alvo.
 - c. A posição do difusor vai equivaler ao PF, onde se efetua a filtragem. Identifique esta posição na montagem.
4. Coloque a lente com que faz a transformada inversa ($f \sim 400$ mm) com o seu foco sobre o plano da transformada.
5. Coloque a lente de ampliação a uma distância que permita observar uma imagem nítida do objeto na parede mais próxima.
6. Coloque, como objeto, uma rede fina.
7. Observe a sua transformada (no PF).
8. Coloque a fenda variável na vertical na posição PF.
9. Observe, na parede, a imagem filtrada. Compare com a imagem inicial.
10. Repita a observação depois de rodar a fenda 90° .
11. Substitua a fenda por outros filtros espaciais disponíveis.

LISTA DE LENTES

Lente #	Distância focal (aproximada) mm
58	100
59	400
60	150
61	80
62	400
63	1000

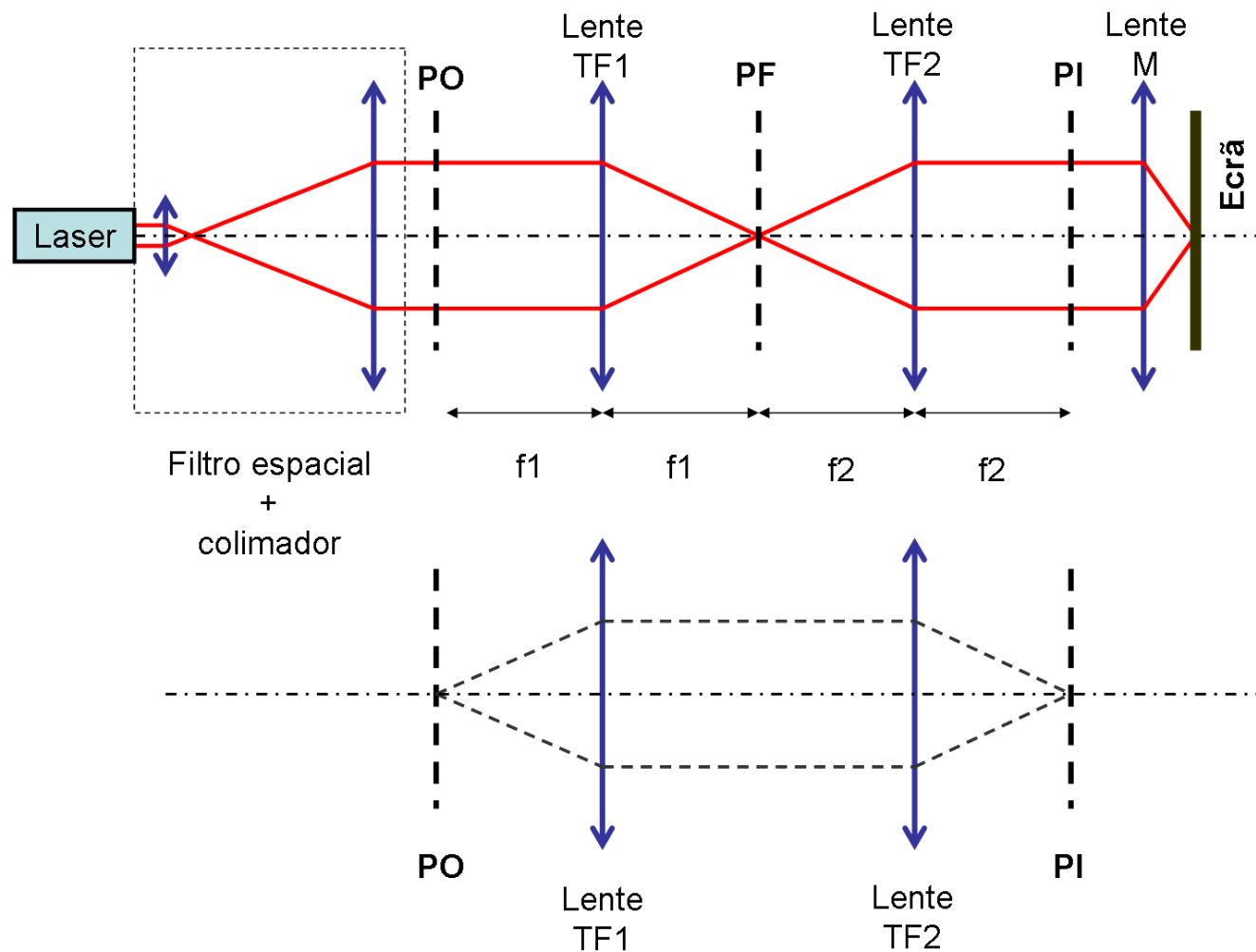
Objetiva do filtro espacial:

Ampliação 10x

Abertura numérica: 0,25

Distância de trabalho ~ 6 mm

Esquema da montagem para o processamento óptico de imagens



PO – plano-objeto; PF – plano de Fourier; PI – plano-imagem