



Ciências
ULisboa

Departamento de Física

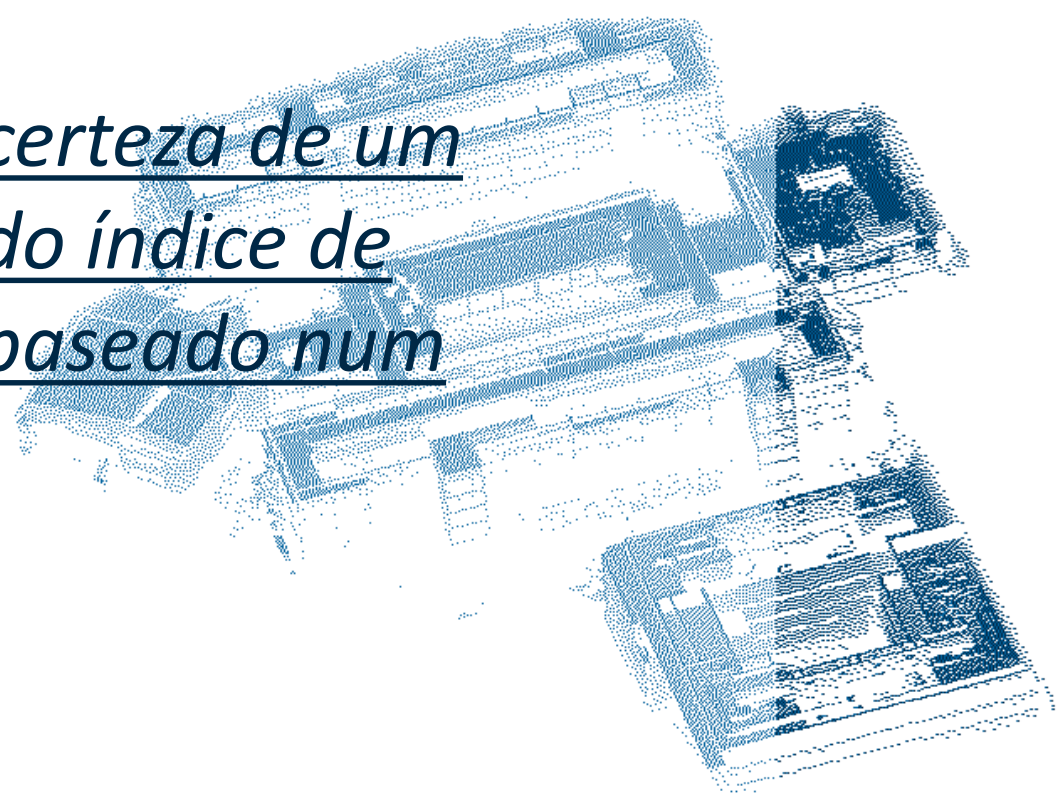
Engenharia de Medida

Trabalho Prático:

Caracterização da incerteza de um sistema de medição do índice de refração de líquidos baseado num distanciómetro laser

Alexandre Cabral

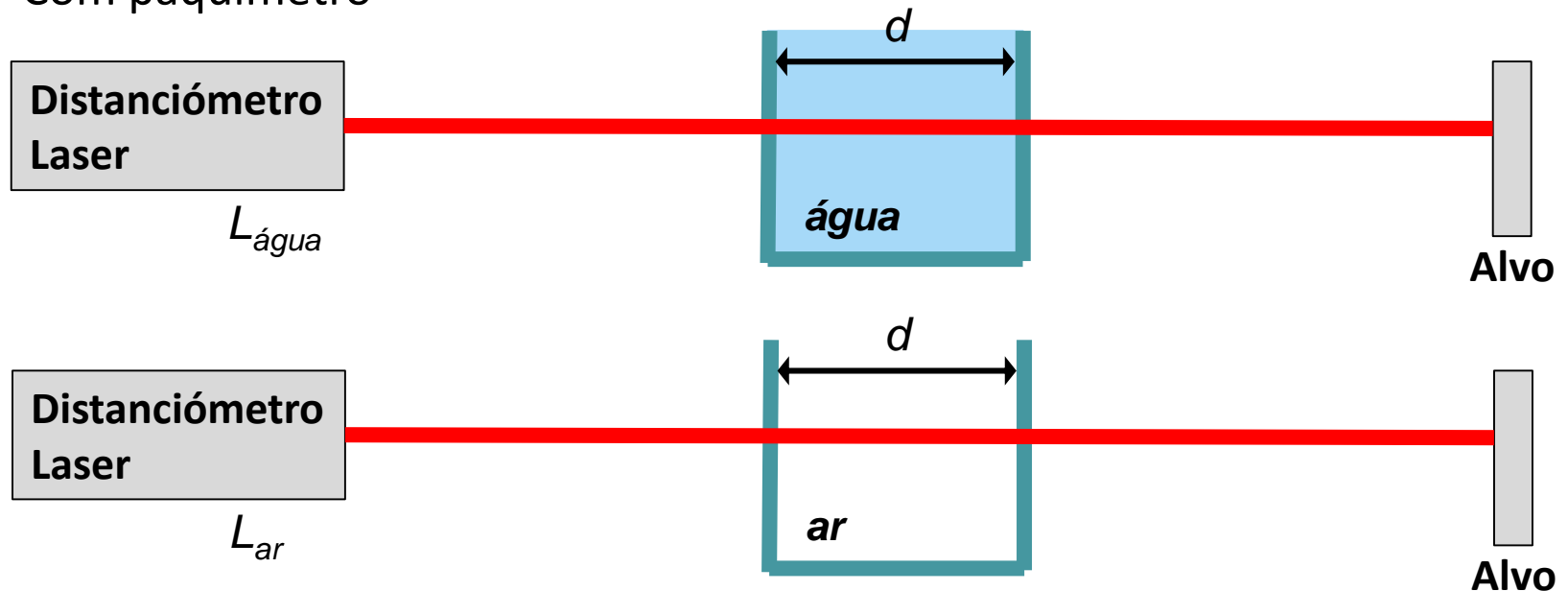
Alexandre.Cabral@fc.ul.pt



Trabalho Prático — medição do índice de refração com um distanciómetro laser

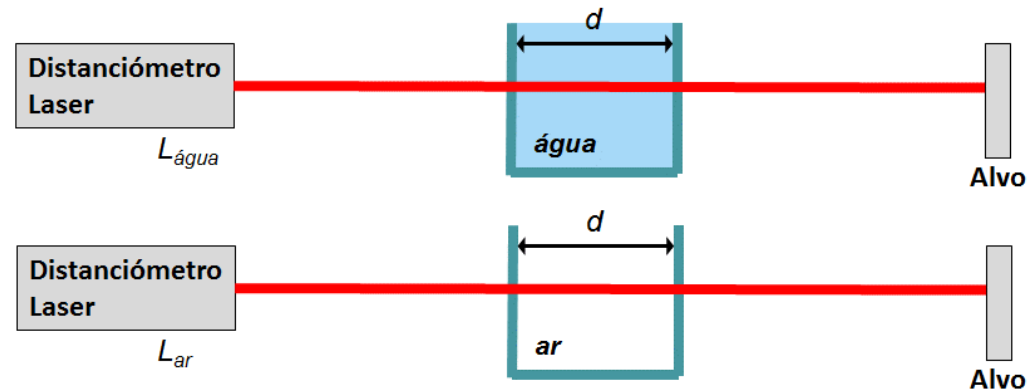
Objetivo:

- Medir o índice de refração da água com uma incerteza inferior a 5%,
- Verificar a possibilidade de otimizar o sistema para medir com uma incerteza inferior a **1%** utilizando os mesmos equipamentos de medida. **Justificando!**
- Pares de medidas com e sem água no recipiente com distância interna d permitem obter ΔL
- $\Delta L = L_{\text{água}} - L_{\text{ar}}$ — Com Distanciómetro Laser
- d — Com paquímetro



Trabalho Prático – medição do índice de refração com um distanciómetro laser

$$\Delta t = \frac{L}{v} = \frac{L \cdot n}{c}$$



$$L_{medido_{ar}} = \Delta t_{ar} \cdot \frac{c}{n_{ar}} = \left(\frac{d \cdot n_{ar}}{c} + \frac{L' \cdot n'}{c} \right) \cdot \frac{c}{n_{ar}}$$

$$L_{medido_{agua}} = \Delta t_{agua} \cdot \frac{c}{n_{ar}} = \left(\frac{d \cdot n_{agua}}{c} + \frac{L' \cdot n'}{c} \right) \cdot \frac{c}{n_{ar}}$$

$$L_{medido_{agua}} - L_{medido_{ar}} = \Delta t_{agua} \cdot \frac{c}{n_{ar}} = \left(\frac{d \cdot n_{agua}}{c} - \frac{d \cdot n_{ar}}{c} \right) \cdot \frac{c}{n_{ar}}$$

$$\Delta L = \left(\frac{d \cdot n_{agua} - d \cdot n_{ar}}{n_{ar}} \right)$$

$$n_{agua} = \frac{\Delta L}{d} n_{ar} + n_{ar}$$

Trabalho Prático – medição do índice de refração com um distanciómetro laser

Modelo Matemático:

$$n_{agua} = \frac{\Delta L}{d} n_{ar} + n_{ar}$$

Exemplo de medições:

- ΔL – Com Distanciómetro Laser
- d – Com Paquímetro

Medição	d (mm)		Medição	$L_{\text{água}}$ (mm)	L_{ar} (mm)	ΔL (mm)
1			1			
2			2			
3			3			
4			4			
5			5			
6			6			
7			7			
8			8			
9			9			
10			10			
...			...			

Trabalho Prático — medição do índice de refração com um distanciómetro laser

■ $n_{\text{ar}} = 1,00027 \pm 0,00002$

a $20^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ e $100.4 \text{ kPa} \pm 5 \text{ kPa}$ (a qualquer %HR)

(nota o que surge em tabelas de 1,00029 refere-se ao ar a 0°C)

■ Paquímetro Chinês

Gama de medição de 0 – 200 mm – Divisão 0,05 mm

Incerteza **U = 0,1 mm (k=2)** com correção nula

É possível obter uma incerteza $U = 0,05 \text{ mm}$ (k=2) com nova calibração

■ Calibração do Distanciómetro Laser **U = 1,0 mm (k=2)** – Divisão 1 mm

(não é necessário ter em conta a correção uma vez que se utilizarão diferenças de medições)

É possível obter uma incerteza $U = 0,30 \text{ mm}$ (k=2) com nova calibração

Na otimização do sistema poderá alterar todas as condições da medição (como por exemplo o recipiente) com a exceção dos equipamentos de medição que terão de ser apenas os dois apresentados (podendo utilizá-los nas suas configurações otimizadas). Quanto à componente da repetibilidade, pode considerar que o desvio padrão obtido para um número superior de medidas (relativamente às que foram realizadas) será o mesmo.

Trabalho Prático — medição do índice de refração com um distanciómetro laser

- O trabalho deverá ser escrito sob a forma de um pequeno relatório de medição, indicando o que se pretende medir, como, e qual o modelo matemático.
- Deverão ser descritos os resultados obtidos (com balanços de incerteza)
- Na otimização, todas as opções e o resultado esperado deverão ser justificados.
- As conclusões são fundamentais!
- A entrega deverá ser feita até dia 17 de Abril para o email Alexandre.Cabral@fc.ul.pt (pdf)
- ... *Sempre que precisem estou cá para tirar dúvidas!*