

# Seguidor solar e intensidade luminosa do feixe do laser

## Prática P2, grupo n.º 5

Bernardo Espírito Santo<sup>1</sup>, Rúben Abreu<sup>2</sup> e Magner Gusse<sup>3</sup>

<sup>1</sup>107736, bernardosanto@ua.pt; <sup>2</sup>107421, rubenabreu@ua.pt; <sup>3</sup>110180, magnergusse@ua.pt

**Resumo** — O objetivo deste trabalho foi estudar a intensidade luminosa de um feixe de laser através da sua medição com um sensor ligado a um arduíno, através do laser também se fez medições de modo a determinar a divergência do laser a diferentes distâncias. Também se efetuou a medição das perdas de intensidade do feixe de laser propagando-se em espelhos. Por fim fez-se um seguidor solar que consistia num painel solar com 4 sensores de luminosidade que ligados ao arduíno, através de um código que modificamos, o painel seguia a luz aproveitando assim sempre a irradiância máxima.

**palavras-chave** — Divergência, laser, sensor

### I. INTRODUÇÃO

O aproveitamento eficiente de energia solar é um desafio essencial na busca por fontes de energia sustentáveis. Esta atividade experimental tem como objetivo explorar a simulação de um seguidor solar de dois eixos, utilizando motores passo-a-passo e tecnologia de coleção de energia por meio de LDRs (resistores dependentes de luz). Além disso, a atividade inclui a implementação de um sistema de alarme espacial, simulando a deteção de intrusos por meio de luz laser refletida em espelhos de alta refletividade, com a receção do sinal realizada por sensores LDR.

A palavra laser é acrónimo de “*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*”, ou seja, amplificação da luz por emissão estimulada de radiação, significando que a luz que vemos resulta da desexcitação de partículas que inicialmente, em estado estável, receberam energia de uma fonte externa, libertando energia sobre a forma de fotões, que ao atingirem outras partículas excitadas, provocam a emissão de mais, gerando uma resposta em cadeia chamada de avalanche de fotões que resulta num feixe de luz.

A caracterização de um feixe laser é um processo essencial para compreender as suas propriedades físicas e óticas. Um feixe laser é constituído por fotões de luz coerente, organizados numa única direção, resultando em características únicas que o distinguem de fontes de luz convencionais. Nesta atividade vamos focar-nos, essencialmente, na divergência e intensidade do laser.

Relativamente à divergência do laser, esta refere-se à expansão angular do feixe à medida que se afasta da fonte, e é uma medida crítica para avaliar a capacidade do feixe de manter a sua coerência em distâncias variáveis. Em certas aplicações é essencial saber sobre esta característica, pois pode ser utilizada para ter um melhor controlo sobre o *spot size* do feixe [1]. Além disso, a divergência do laser é natural e impossível de evitá-la, e é causada, em grande parte pela difração da luz ao sair da cavidade [2]. Além disso, foi feito o

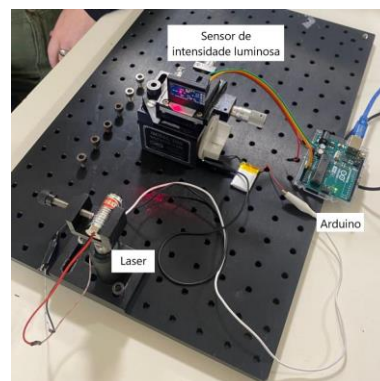
estudo da intensidade do laser, quer no seu perfil lateral, quer na intensidade perdida devido à reflexão dos espelhos, de onde se obtiveram os índices de reflexão dos mesmos [3].

*Light Dependent Resistor* (LDR) são resistências variáveis que dependem da incidência da luz. Quanto maior a intensidade da luz menor é a resistência que esta oferece. Isto deve-se ao facto de os fotões excitarem eletrões e aumentarem a condutividade do semicondutor.

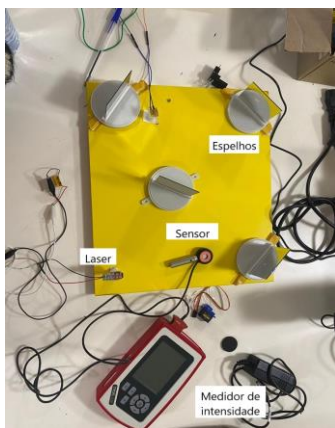
Estes sensores podem ser usados tanto em seguidores solares como em sistemas de alarme. A sua posição é controlada através da recolha de dados dos LDRs. sendo utilizados 4 sensores de luz visto que o movimento dos motores é decidido pela diferença horizontal e vertical da intensidade incidente de luz, movimentando-se sempre para onde esta é mais forte [4]. Estes motores funcionam por ativação individual de bobinas que criam campos magnéticos, atraindo um dos polos do íman presente no eixo do motor e provocando a sua rotação. Por esse motivo é necessário um controlador externo para que o motor possa se mover, geralmente um microcontrolador aliado a transístores que acionam as bobinas na ordem correta e na velocidade desejada [5].

### II. MONTAGEM EXPERIMENTAL

Primeiramente começamos por montar o laser numa plataforma, de seguida colocamos o sensor que estava ligado a um Arduíno sob uma base magnética que continha ajustes na direção transversal à qual movia-se assim o sensor alterando assim com o movimento a intensidade do feixe que incidia no sensor. De seguida utilizando o mesmo laser fez-se com que o laser tivesse uma divergência, ou seja, que apresentasse um quadrado no sensor em vez de um “ponto focal” e fez-se medições da intensidade luminosa.



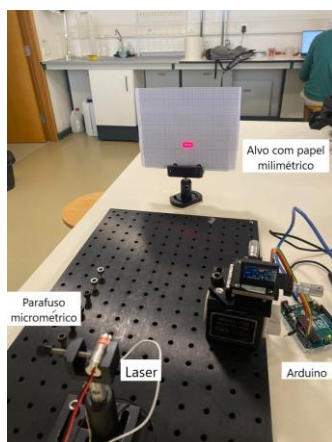
**Figura 1-** Montagem da experiência do perfil do laser.



**Figura 2-** Montagem da experiência sobre a refração dos espelhos.

Realizamos também uma atividade que consistiu na utilização do mesmo laser apoiado numa base, em que alinhámos 4 espelhos, sendo que o laser refletia em cada uma deles. Mediu-se em cada espelho a intensidade luminosa através da utilização do medidor thorlabsPM120D e a partir desses valores calculou-se a perda em cada espelho.

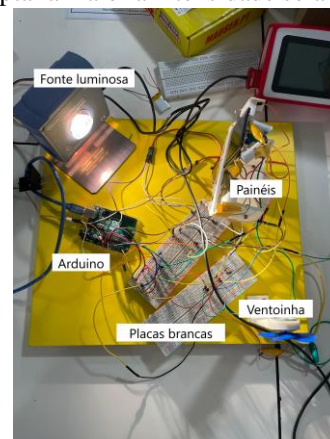
De seguida com a utilização de um papel milimétrico, um suporte para o mesmo e o laser mediu-se a divergência do laser. Começou-se na distância inicial de 22,4 cm do papel milimétrico em relação ao laser, gradualmente foi-se aumentando a distância e medindo-se a secção horizontal e vertical projetada no papel milimétrico. A distância final foi de 158,9 cm onde no papel milimétrico já se apresentava uma figura geométrica muito próxima de um retângulo.



**Figura 3-** Montagem da experiência da divergência do laser.

Por fim nesta atividade fez-se um seguidor solar que consistia num arduino uno ligado a duas placas brancas através de cabos de ligação que de seguida estavam ligadas a uma célula fotovoltaica, 4 sensores de luminosidade, um motor, uma ventoinha e uma fonte luminosa. O objetivo era através do código de arduino que nos foi fornecido pelo professor, aplicando algumas modificações ao mesmo, conseguir fazer com que a célula solar seguiu-se a luz proveniente da fonte luminosa através do movimento do motor. Esta capacidade estava dependente da utilização dos sensores de luminosidade que através do código em anexo subtraíam a intensidade de dois sensores opostos, dando assim a posição à qual o motor se deve

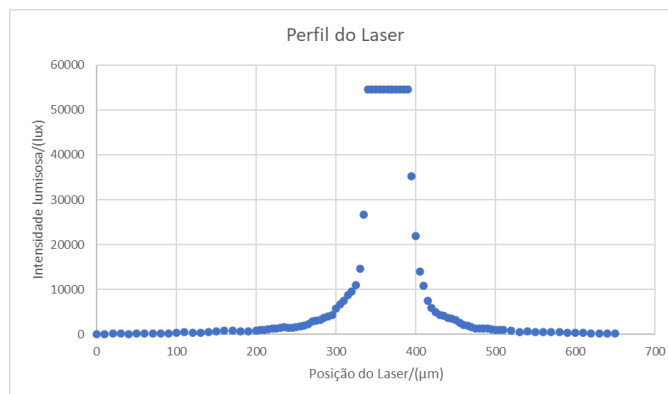
deslocar para captar a maior a intensidade solar.



**Figura 4-** Montagem da experiência do seguidor solar.

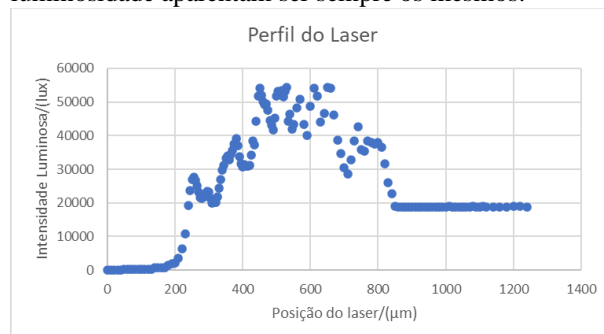
### III. RESULTADOS E ANÁLISE

Durante a realização da primeira experiência, para a análise do perfil do laser, utilizamos um incremento de 5, 10 e 15  $\mu\text{m}$ . Sendo que o varrimento foi realizado da esquerda para a direita. Sendo que foram feitas duas medidas para a mesma distância de 16cm com um deles com o feixe de laser focado e a outra com o feixe desfocado.



**Gráfico 1-**Perfil do Laser na primeira medição da luminosidade.

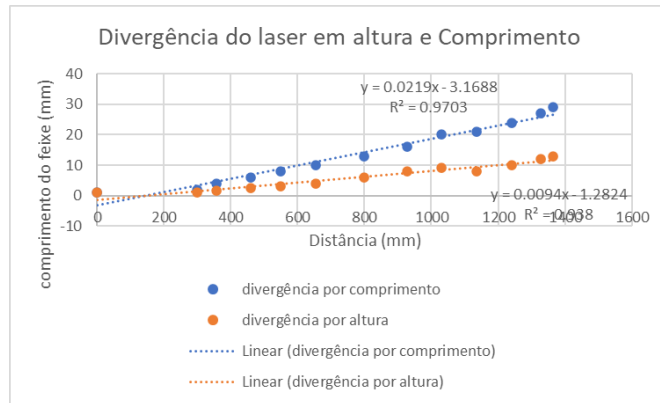
É possível verificar no gráfico 1, o perfil do Laser obtido não foi o perfil Gaussiano esperado, e a principal razão disto reside no facto do sensor ter entrado numa região de saturação, ou seja, o sensor só consegue efetuar medições até um certo valor de intensidade. Sendo essa a razão ao qual visualizamos uma linha no gráfico, visto que a partir de um ponto os valores de luminosidade aparentam ser sempre os mesmos.



**Gráfico 2-** Perfil do Laser na segunda medição da luminosidade.

No segundo caso, como é possível verificar no gráfico 2, o perfil obtido também não é o Gaussiano e neste caso pode-se associar ao fato de feixe de laser não estar focado o que gera pontos diferentes de maior intensidade luminosa e, consequentemente gera picos diferentes de maior luminosidade dificultando assim a análise mais precisa do perfil deste feixe de laser.

Na segunda fase, com o objetivo foi estudar a divergência do feixe de laser.



**Gráfico 3-** Divergência do laser em altura e em comprimento em função da distância.

Obtiveram-se então os declives das retas:  $m_{altura} = 0,0094 \pm 0,0003$  e  $m_{comprimento} = 0,0219 \pm 0,0003$ . Utilizamos as seguintes fórmulas, podemos obter os ângulos de divergência( $\theta$ ) e a sua incerteza:

$$\theta = 2 \times \arctan(m) \quad (1)$$

$$\Delta\theta = \frac{2}{1+m^2} \times \Delta m \quad (2)$$

Assim, os ângulos de divergência calculados foram de  $\theta = 1,0771 \pm 0,0006^\circ$  para a altura e de  $\theta = 2,5091 \pm 0,0006$  para o comprimento.

Quanto ao seguidor solar, foi nos fornecido o código base, e coube ao grupo otimizar-lo. Para tal, após várias execuções identificaram-se alguns erros, nomeadamente: na posição inicial de execução, que tivemos de alterar de forma que os painéis ficassem voltados para o teto, ou seja, a  $90^\circ$ , que é a posição do dia em que capta maior radiação solar. Além disso, também tivemos que alterar os pares de entradas, no código, de forma que o seguidor funcionasse corretamente, sendo que foi alterado também o intervalo de atualização, limitadas as posições dos servomotores e mudadas as portas que não se encontravam de acordo com a montagem experimental.

Passando agora para a reflexão nos espelhos, utilizamos a equação abaixo para calcular os índices de refração de cada espelho. A primeira medição de potência consiste na medição diretamente a seguir ao laser, sendo que as restantes se referem a medições após o laser embater no espelho.

$$n_{refração} = \frac{P_{espelho}}{P_{espelho}-1} \quad (3)$$

A tabela abaixo indica os diferentes valores de potência e índices de refração para cada espelho, neste caso só utilizamos o laser vermelho(650nm) focado.

Tabela 1 Índice de refração dos espelhos

Laser vermelho(650nm) focado		
Potência(P) em mW	Espelhos	Índice de refração(n)
3.7	0	-
2.2	1	0.594595
1.15	2	0.522727
0.58	3	0.504348
0.31	4	0.534483

Como se pode observar pelos índices de refração obtidos estes foram bastante idênticos, como previsto dado que os espelhos são idênticos. A potência foi diminuindo à medida que o laser percorria os espelhos dado que está sempre associada uma perda devido à absorção no espelho. O índice de refração médio foi de 0.528605016.

#### IV. CONCLUSÃO

Para concluir, pode-se dizer que na primeira parte do trabalho, não foi alcançado o objetivo uma vez que o perfil Gaussiano pretendido não foi obtido em nenhuma das medições devido aos motivos citados anteriormente, sendo que esta experiência poderia ser melhorada usando mais modelos de laser e cobrindo a zona de ação do laser para a diminuição do ruído, assim como usando um sensor com maiores gamas de deteção de intensidade.

Em relação a divergência do feixe de laser, obteve-se valores diferentes para a altura e para o comprimento, tendo concluído que há maior divergência no comprimento em relação a altura no caso do laser usado, que pode ser diferente para outros. Quanto ao seguidor solar, o objetivo não foi alcançado, uma vez que os problemas do código no arduino não foram todos resolvidos apesar dos esforços, não podendo assim tirar conclusões significativas sobre o funcionamento do mesmo. Na última parte o objetivo de estudar a refração dos espelhos foi alcançado, sendo que foi obtido um índice de refração médio  $n = 0.52$  usando a equação (3), e podendo melhorar esta num ambiente com menor ruído.

#### REFERÊNCIAS

- [1] “SEE, B. A. Measuring laser divergence. Optics & Laser Technology, 1997, 29.2: 109-110.”.
- [2] “FALK, Joel. Measurement of laser beam divergence. Applied optics, 1983, 22.8: 1131-1132.”.
- [3] “RATH, Deepak Kumar. Arduino based: Smart light control system. International Journal of Engineering Research and General Science, 2016, 4.2: 784-790.”.
- [4] “KAUR, Tarlochan, et al. Arduino based low cost active dual axis solar tracker. In: 2016 IEEE 1st International Conference on Power Electronics,

Intelligent Control and Energy Systems (ICPEICES).  
IEEE, 2016. p. 1-5.”.

- [5] “RIBEIRO, Lucas; MALAGUTTI, T. Motores de  
passo: funcionamento e aplicações. Revista  
Linguagem Acadêmica, 2020.”.