

ESPECTROSCOPIA DE EMISSÃO

Mateus Mendonça Ramos Simões 10818477

RESUMO: A espectroscopia é uma ferramenta de estudo da interação da radiação com a matéria. Calibrando um espectrômetro foi possível transformá-lo em um espectroradiômetro e estudar a emissão de luz pela lâmpada halógena, LEDs e lâmpada de filamento de tungstênio. Foi feito um breve estudo de definições na espectrometria.

1- INTRODUÇÃO

A espectroscopia estuda a interação de sistemas físicos com a matéria. A espectroscopia de absorção envolve a quantificação de energia absorvida de uma fonte de radiação que promove elétrons da amostra para um estado excitado. A espectrometria de emissão o analito é estimulado por uma fonte de energia cuja medida é feita do espectro emitido pela amostra ao passar do estado excitado para o estado fundamental. Esses fenômenos estão ilustrados na Figura 1. [1]

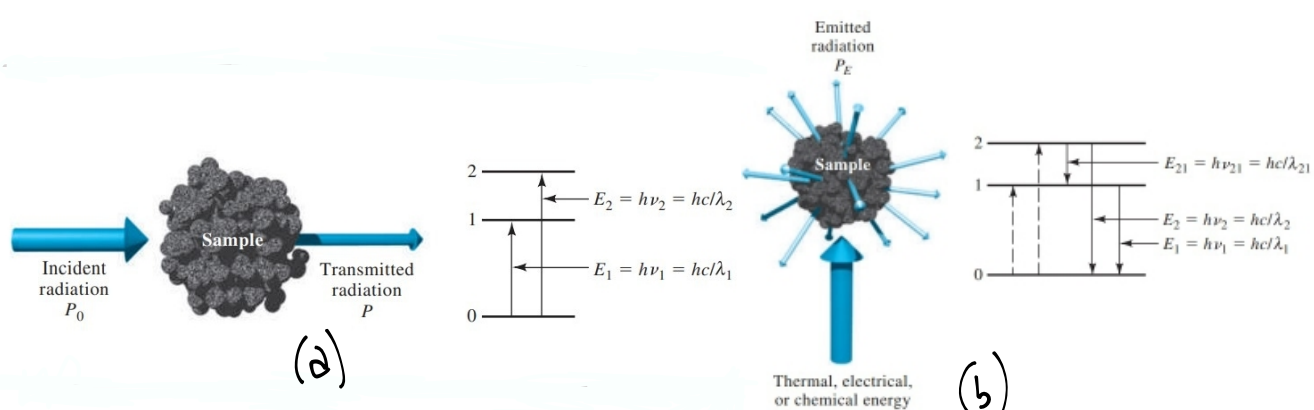


Fig. 1: Fenômenos da espectroscopia (a) de absorção e (b) de emissão. [1]

A emissão de luz pode ser estudada com a espectroscopia. Cada tipo de lâmpada emite um espectro diferente que depende do processo de emissão e de sua composição. Lâmpadas incandescentes emitem luz quando o filamento de tungstênio é aquecido, ou seja por radiação térmica. Lâmpadas de plasma emitem luz quando uma corrente elétrica passa por um gás cujos elétrons ganham e emitem energia. LED é um semicondutor que emite luz quando corrente flui por ele, a interação entre elétrons e buracos resulta na emissão de fótons. Lâmpadas halógenas tem princípio de funcionamento parecido com o de lâmpadas incandescentes com exceção da presença de um halógeno em seu interior (normalmente iodo ou bromo) resultando em maior temperatura de cor e eficiência luminosa. Por fim, lâmpadas fluorescentes consistem em um tubo de vidro revestido internamente por um material a base de fósforo que quando excitado com radiação UV pela ionização de um gás, gera luz visível. [2]

Este experimento teve por objetivo fazer a espectroscopia de emissão de diferentes tipos de lâmpadas para entender suas composições e o processo por trás da emissão de ondas eletromagnéticas.

2- MATERIAIS E MÉTODOS

A primeira etapa consistiu em transformar e calibrar um espectrômetro em um espectroradiômetro. No espectrômetro, a luz passa por um colimador e, depois de passar por uma grade de difração, atinge um detector que, por efeito fotoelétrico, gera um sinal que pode ser processado por um computador. O esquema de um espectrômetro pode ser visto na Figura 2. [3]

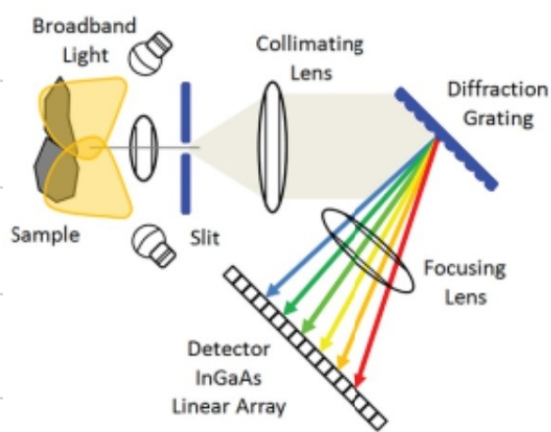


Fig. 2: Esquema do espectrômetro. [3]

Para calibrar o espectrômetro e transformá-lo em espectroradiômetro empregou-se uma lâmpada halógena na região espectral entre 350 - 800nm fornecida pelo fabricante. Com a irradiância da fonte calibrada ($I_{calibra}$), o espectro da lâmpada halógena, o ruído e o tempo de exposição (Δt) calculou-se a responsividade espectral (R) com a equação 1.

$$R = \frac{I_{lâmpada} - I_{fundo}}{\Delta t \cdot I_{calibra}} \quad (1)$$

Este procedimento pode ser melhor visualizado na

Figura 3. Para obter I_{calib} foi ajustada uma função que está na eq. 2 que obtive $R^2 = 0,9998$.

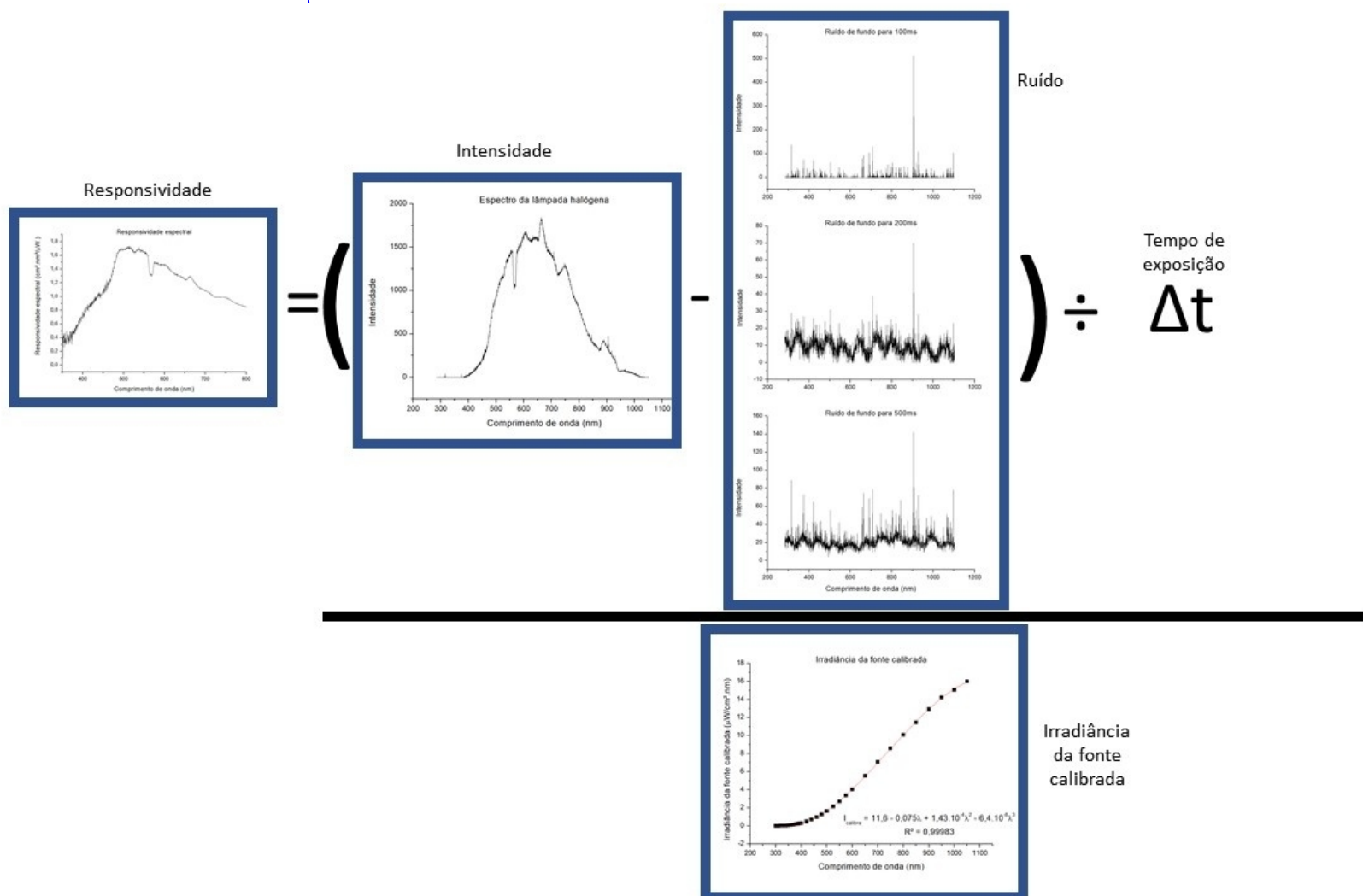


Fig.3: Esquema usado para calibrar o espectrômetro.

$$I_{calib} = 11,6 - 0,075\lambda + 1,43 \cdot 10^{-4} \lambda^2 - 6,4 \cdot 10^{-8} \lambda^3 \quad (2)$$

Na Fig.3 pode-se observar que foram usados ruídos com tempos de exposição de 100ms, 200ms e 500ms.

Com a eq. 3 era possível obter a irradiância espectral ($I_{irrad,spec}$) de qualquer lâmpada.

$$I_{irrad,spec} = \frac{I_{lâmpada} - I_{fundo}}{R \cdot \Delta t} \quad (3)$$

Para se compreender melhor a metodologia foi feito o espectro de um LED branco e sua irradiância.

A metodologia acima foi aplicada para LEDs, uma lâmpada de filamento e uma lâmpada fluorescente. Para as lâmpadas de plasma foi determinado apenas o espectro de emissão, pois não é possível registrar com o espectroradiômetro calibrado.

Para o estudo do espectro de transmissão foram empregados filtros em frente a um LED branco junto com a Equação 4, onde I_0 é a intensidade do LED branco, I_T é a intensidade transmitida e T é a transmissão do feixe.

$$T = \frac{I_T}{I_0} \quad (4)$$

Para determinar o menor comprimento de onda transmitido, considerou-se o comprimento de onda com 10% da transmissão.

3- RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 4a mostra o espectro do LED branco e a Figura 4b, a irradiância.

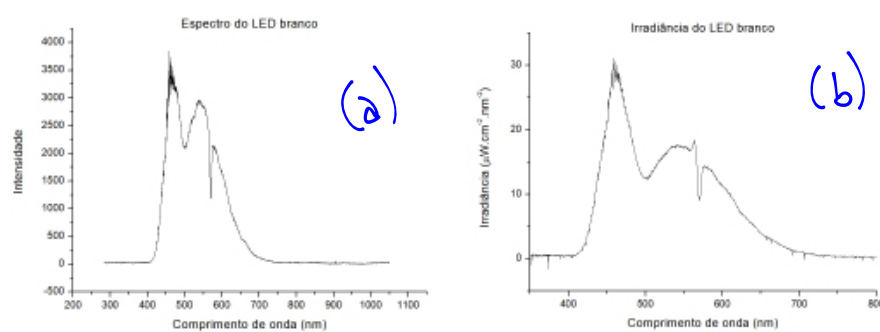


Fig. 4: Dados do LED branco. O espectro (a) e a irradiância (b).

Observa-se que no espectro, o pico em 550nm era 80% do pico em 480nm. Na irradiância essa razão cai para 60%. Ou seja mais fótons são detectados na região de 550nm do que em 480nm, sendo corrigido pela calibração.

Os espectros de transmissão dos filtros estão na Figura 5a. Os espectros de cor do com a eq. 4 estão na Figura 5b.

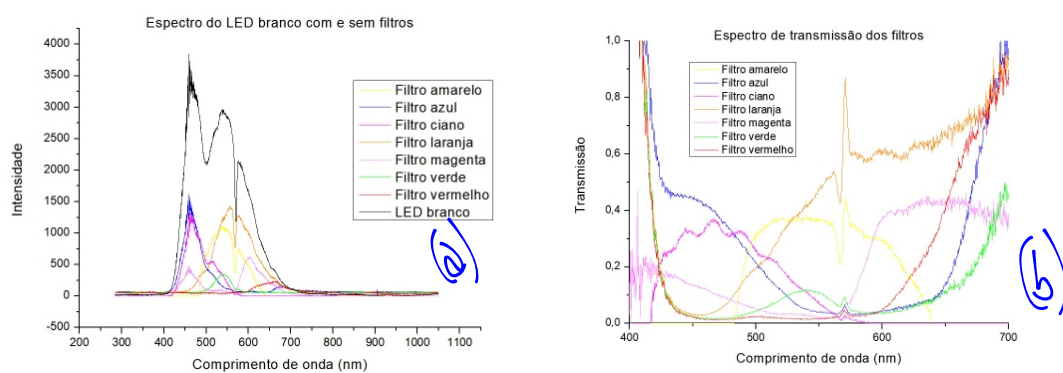


Fig. 5: Dados para os filtros. O espectro em (a) e o espectro de transmissão em (b).

Observa-se que o espectro de transmissão em 5b é resultado da normalização pelo espectro do LED branco. A Tabela 1 mostra os comprimentos de onda de transmissão máxima, isto é, em 10% de emissão do espectro.

Tabela 1: Transmissão máxima dos filtros.

Filtro	λ (nm)
Amarelo	487
Azul	646
Ciano	420
Laranja	482
Magenta	577
Verde	520
Vermelho	612

A Figura 6 mostra o espectro das lâmpadas de plasma com o espectro do hidrogênio em 6a, do hélio em 6b, do nêônio em 6c e do oxigênio

em Å . Na Tabela 2 estão os valores de comprimento de onda no pico obtidos neste experimento na segunda coluna, do experimento de Balmer na terceira coluna e valores obtidos de literatura na quarta coluna.

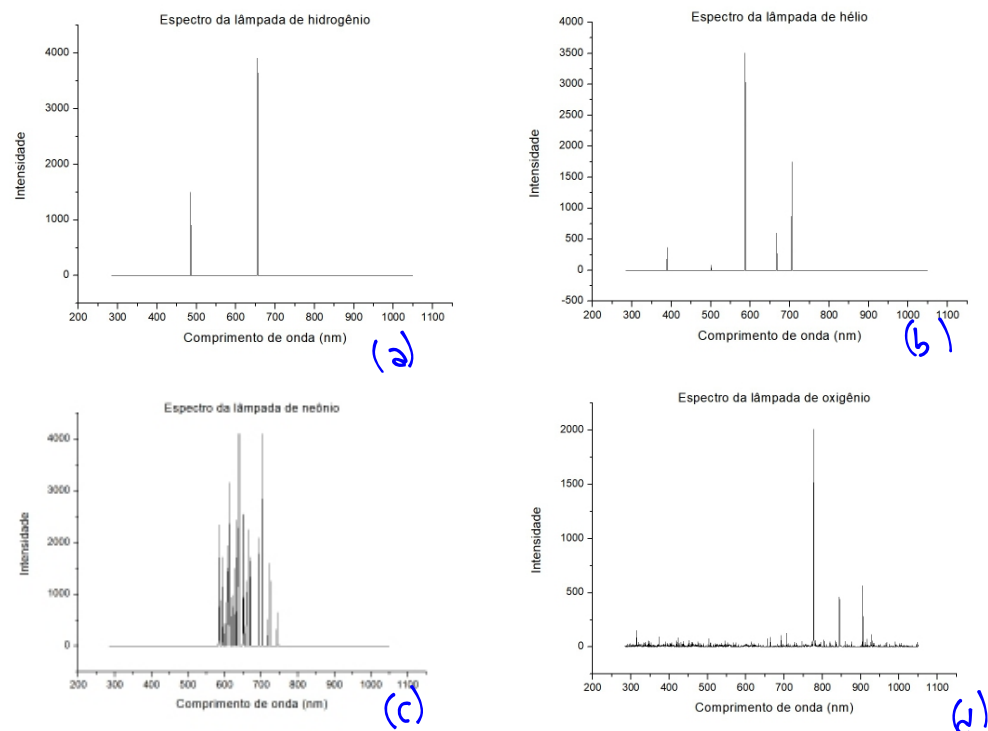


Fig. 6: Espectro das lâmpadas de plasma. Hidrogênio em (a) hélio em (b), neônio em (c) e oxigênio em (d).

Tabela 2: Picos para as lâmpadas de plasma.

Lâmpada	Espectrometria	Balmer [4]	Literatura
	λ (nm)	λ (nm)	λ (nm)
Hidrogênio	485	430	486 [5]
	655	480	656
		580	
		650	
Hélio	388	450	587 [6]
	587	480	667
	667	500	707
	705	520	
		580	
		650	
		730	
Neônio	614	450	614 [7]
	630	530	630
	639	570	640
	700	620	703
		650	
Oxigênio	777	450	777 [8]
	844	550	845
	905	570	
		620	

É possível observar na Tabela 2 que os resultados foram consistentes com os valores de literatura contudo não o foi com a série de Balmer, com exceção do hidrogênio, o que era de se esperar visto que

esta série foi desenvolvida especificamente para o hidrogênio.

A Figura 7 mostra o espectro e a irradiância de uma lâmpada fluorescente.

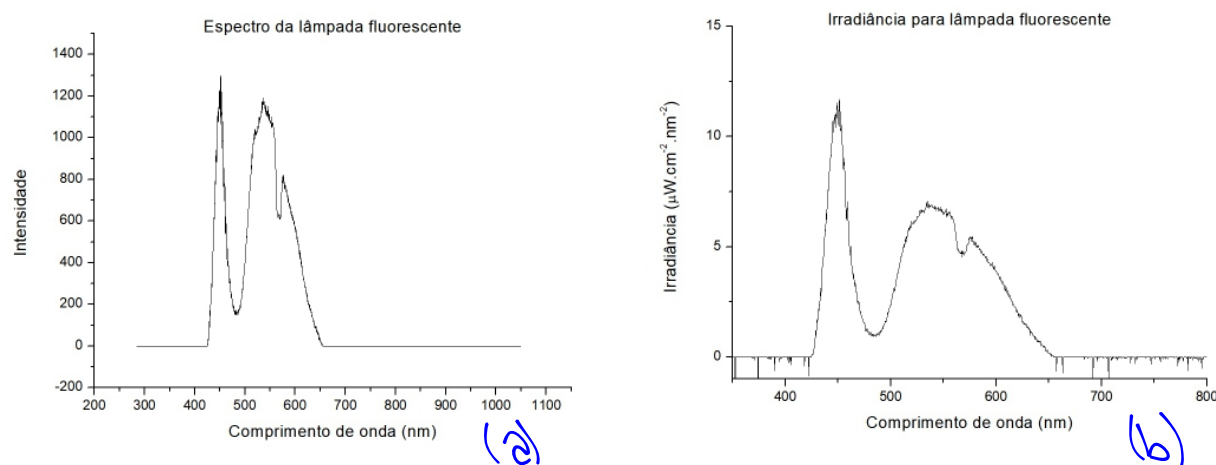


Fig. 7: Dados de lâmpada fluorescente. O espectro de emissão está em (a) e a irradiância em (b)

Entretanto, comparando com os espectros de diferentes tipos de lâmpadas, retirados de [9], na Figura 8, nota-se que em nada se parece com a Fig 7. Logo, a lâmpada da sala não era fluorescente, e sim um LED branco.

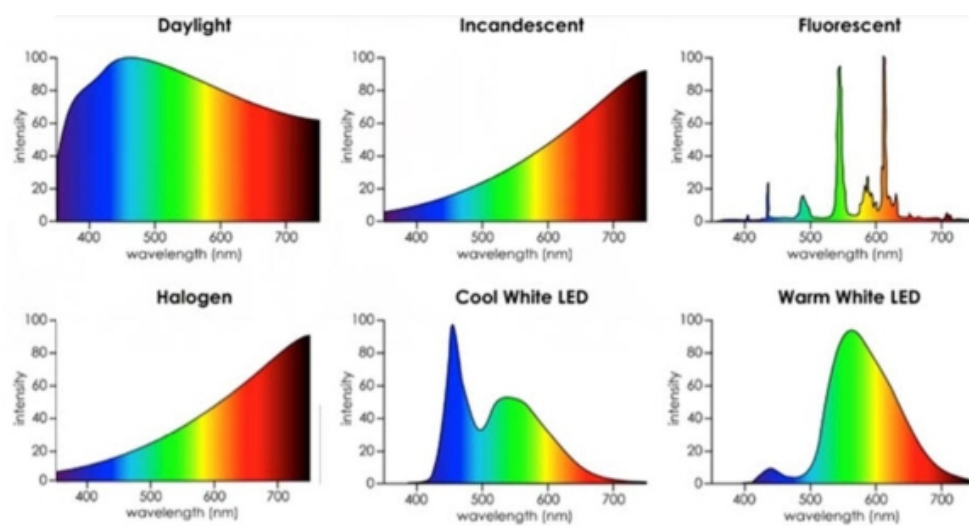


Fig 8: Espectros para diferentes tipos de fonte de luz.

Na Figura 9 estão os espectros dos LEDs usados no experimento, bem como a irradiância. Na Tabela 3 estão os valores de pico de emissão dos LEDs.

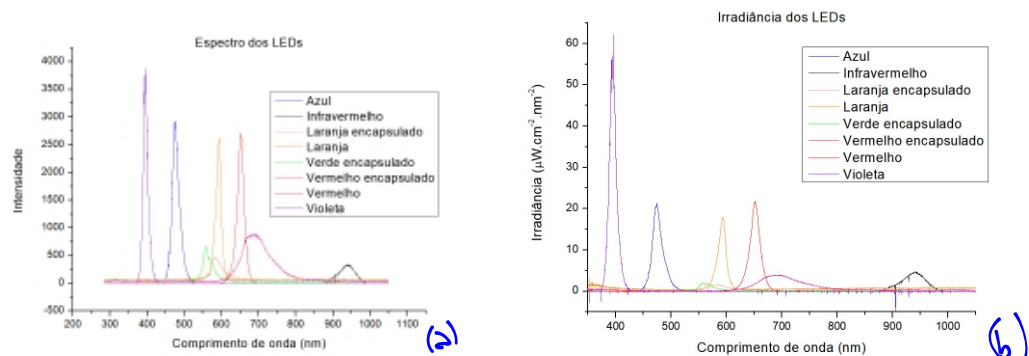


Fig. 8: (a) Espectros dos LEDs e (b) as respectivas irradiâncias

Tabela 3: Valores de pico nos espectros dos LEDs.

LED	λ (nm)	Irradiância ($\mu\text{W}/\text{cm}^2.\text{nm}^2$)
Violeta	396	62
Laranja	594	18.1
Laranja enc.	588	1.5
Azul	474	21
Vermelho	652	22
Verde enc.	560	20
Vermelho enc.	693	4
Infravermelho	942	4.5

Nota-se que as versões encapsuladas apresentam grande perda em relação às mesmas cores não-encapsuladas. Os LEDs apresentam um pico de emissão bem definido, por isso são considerados monocromáticos.

A Figura 9 mostra o espectro e a irradiância de uma lâmpada de filamento. Como esta é uma emissão por radiação de calor, já era esperado um espectro contínuo.

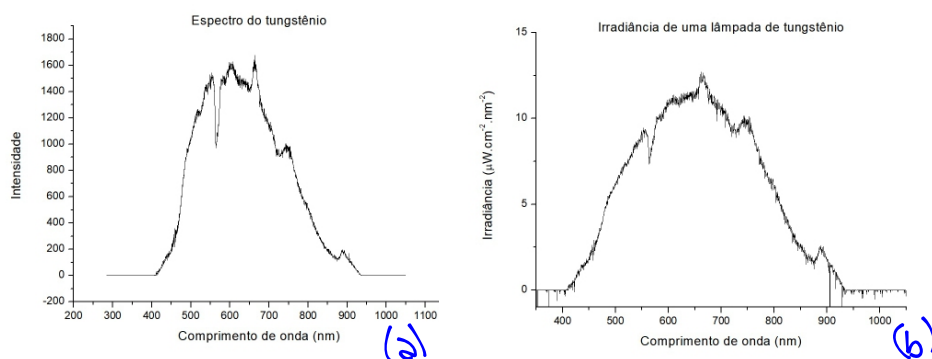


Fig. 9: Espectro da lâmpada de filamento (a) e a irradiância (b).

Como uma forma comparativa, como somente a lâmpada de tungstênio e a lâmpada halógena tem espectro contínuo e obedecem a Lei de Wien, os

espectros foram sobrepostos na Figura 10.

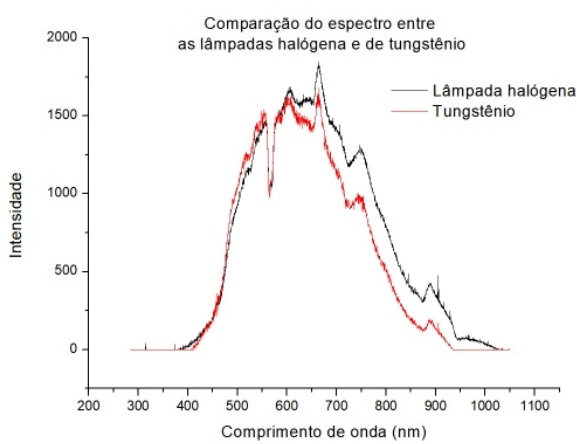


Fig. 10: Espectros das lâmpadas de tungstênio e halógena.

É possível observar que o espectro da lâmpada halógena está deslocado para a direita do espectro da lâmpada de tungstênio, resultando em uma melhor eficiência daquela, como previsto.

Segue, por fim, algumas definições. Irradiância espectral é a variação de intensidade medida em função do comprimento de onda, dada em $\mu\text{W}/\text{cm}^2 \cdot \text{nm}$. Irradiância é a integral da irradiância espectral em função do comprimento de onda ($I = \int I_{\text{espec}} d\lambda$), dada em $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$. Se multiplicarmos a irradiância espectral pela área da fonte, obtemos a potência espectral dada em W/nm . Se integramos a potência espectral na variação do comprimento de onda, obtemos a potência ($P = \int P_{\text{espec}} d\lambda$) dada em W .

4- CONCLUSÃO

No experimento foi possível estudar a instrumentação empregada em um espectroradiômetro sendo possível verificar as diferenças entre as lâmpadas usadas.

5-REFERÊNCIAS

- [1]-SKOOG, D.A. et al.; "Princípios de Análise Instrumental", 5 ed, Saunders, 2002
- [2]- WIKIPEDIA; Disponível em: <pt.wikipedia.org>
Acesso em: 16 nov. 2020.
- [3]-BALLARD, B et al.; "'Steering' Light with Texas Instruments Digital Micromirror Device (DMD) Past, Present & Future." SID 2016 DIGEST
- [4]- SIMÕES, M. M. R.; "Séries de Balmer" (Relatório do experimento 7) 2020
- [5]- OPEN UNIVERSITY; "Atomic spectra and the hydrogen atom." 1996. Disponível em: <www.met.reading.ac.uk>. Acesso em: 17 nov 2020
- [6]-REN-WU, Z. et al.; "Reactive oxygen species in plasma against E. Coli cells survival rate." Disponível em: <cpb.iphy.ac.cn>. Acesso em: 17 nov. 2020.
- [7]- USACHEV, A.D. et al.; "Influence of dust particles on the mean spectral line intensities at the uniform positive column of dc discharge at the space apparatus "Plasma Kristall-4" " ELBES 2017

[8] - REZAEI, F.; "Investigation of antibacterial and wettability behaviours of plasma-modified PMMA films for application in ophthalmology".
Journal of Physics D: Applied Physics (2014).

[9] - WUNSCH, A.; "The dangers of LED Light-bulbs." 2016. Disponível em: <articles.mercola.com>
Acesso em: 17 nov. 2020.