



**Universidade Federal do ABC**

**CIRCUITOS ELÉTRICOS E FOTÔNICA**

CENTRO DE ENGENHARIA, MODELAGEM E CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS - CECS

---

**Experimento 4 - Rede de Difração**

---

Gabriel Moraes de Souza	<b>RA: 11201811286</b>
Giuliano Busatto Perasolo	<b>RA: 11201811787</b>
Lucas Moura de Almeida	<b>RA: 11201811415</b>
Pedro Henrique Assarito Araújo	<b>RA: 11201810768</b>
Rafael Soares Balaguer	<b>RA: 11201810153</b>

São Bernardo do Campo - 2020

## Resumo

O presente experimento tem por objetivo analisar o fenômeno de interferência e difração se utilizando da chamada rede de difração, com uso de um CD como tal. Portanto sendo possível, não somente obter a distância entre as ranhuras de um CD com auxílio de um laser, como também verificar a difração de uma fonte de luz branca.

# Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Metodologia</b>	<b>6</b>
2.1	Determinação da distância entre ranhuras em um CD . . . . .	6
2.2	Determinação do comprimento de onda do espectro da luz branca . .	8
<b>3</b>	<b>Resultados e Discussões</b>	<b>9</b>
3.1	Determinação da distância entre ranhuras em um CD . . . . .	9
3.2	Determinação do comprimento de onda do espectro da luz branca . .	9
3.3	Questões Complementares . . . . .	10
3.3.1	O que você esperaria da distância entre as ranhuras se você tivesse utilizado um DVD? . . . . .	10
3.3.2	Por que se consegue armazenar mais informações no DVD do que no CD? Existe diferença na luz utilizada para a leitura dos dados nos CDs e DVDs? . . . . .	10
3.3.3	O que foi observado ao substituírmos uma fonte monocromática (laser) por uma fonte de luz branca nos experimentos . . . . .	11
3.3.4	Aplicações em Engenharia que utilizam o fenômeno da difração	11
<b>4</b>	<b>Conclusão</b>	<b>15</b>
<b>5</b>	<b>Referências</b>	<b>16</b>

# 1 Introdução

Rede de difração de certa forma reproduz o experimento de fenda dupla, exemplificado pela figura 1.1, contudo com um número muito maior de fendas, na ordem de milhares. A fim de analisar teoricamente o experimento e obter as relações necessárias será utilizado um esquema, representado através da figura 1.2.

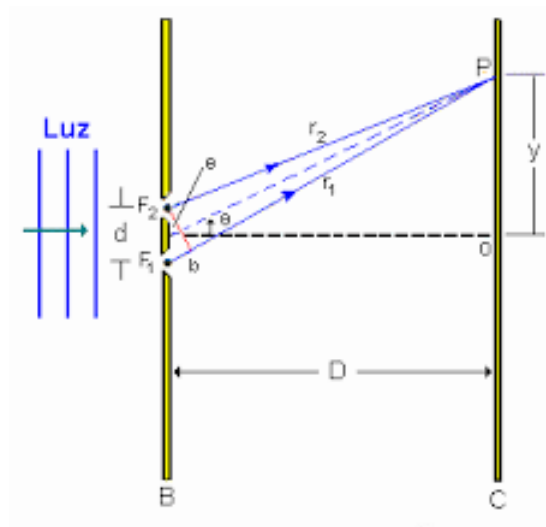


Figura 1.1: Fenda Dupla<sup>[1]</sup>

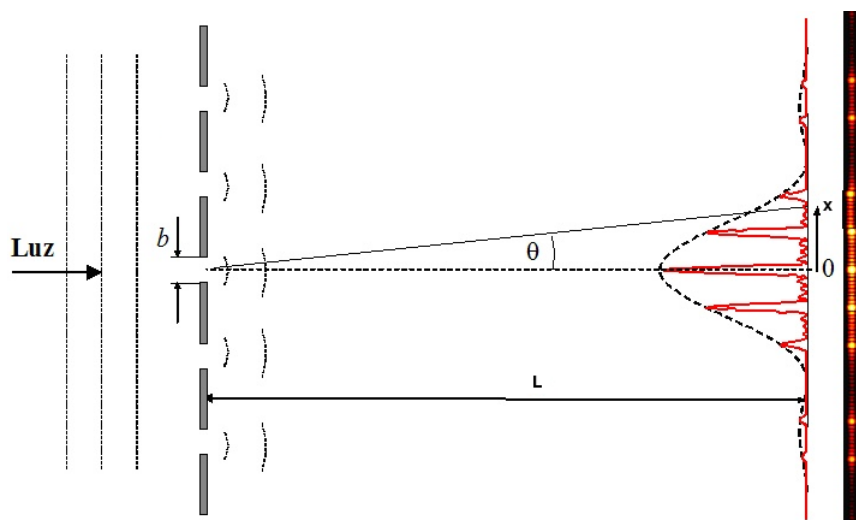


Figura 1.2: Processo de Difração simplificado<sup>[2]</sup>

Primeiramente baseado na imagem anterior é preciso assumir que o anteparo se encontra a uma distância ( $L$ ) suficientemente grande, para que assim os raios sejam paralelos entre si ao atravessar as fendas. Nesta situação a diferença de caminho óptico de cada raio é  $h \cdot \sin \theta$ , sendo  $\theta$  o ângulo do eixo central da rede ao ponto P e  $h$  a separação entre as fendas. As linhas de difração são localizadas em um dado ponto x, de modo que quando a diferença dos caminhos ópticos for um número inteiro de comprimento de onda, há a ocorrência de uma interferência construtiva e portanto temos as seguintes equações:

$$d \cdot \sin \theta = m \cdot \lambda \quad (1.1)$$

$$\sin \theta = \frac{\Delta x}{\sqrt{L^2 + \Delta x^2}} \quad (1.2)$$

Sendo  $\lambda$  o comprimento de onda da luz. E cada número inteiro  $m$  representa a ordem de uma linha diferente, sendo a linha central dada por  $m=0$ , de primeira ordem  $m=1$  e assim por diante.

## 2 Metodologia

É imprescindível desde início conferir que toda a realização do experimento e dados foram efetuados e obtidos pelo professor responsável pelo curso de circuitos elétricos e fotônica, Prof. Dr. Daniel Papoti, sendo nesta secção apresentado todo o processo experimental realizado pelo docente. E compete a nós, alunos, analisar todos os dados experimentalmente obtidos e discutir suas aplicabilidades.

O procedimento experimental utilizado para as análises objetivadas pelo presente relatório pode ser resumido de maneira adequada através de um fluxograma, apresentado na figura 2.1, no qual são apresentados os passos a serem seguidos durante a prática em laboratório, de forma sequencial.

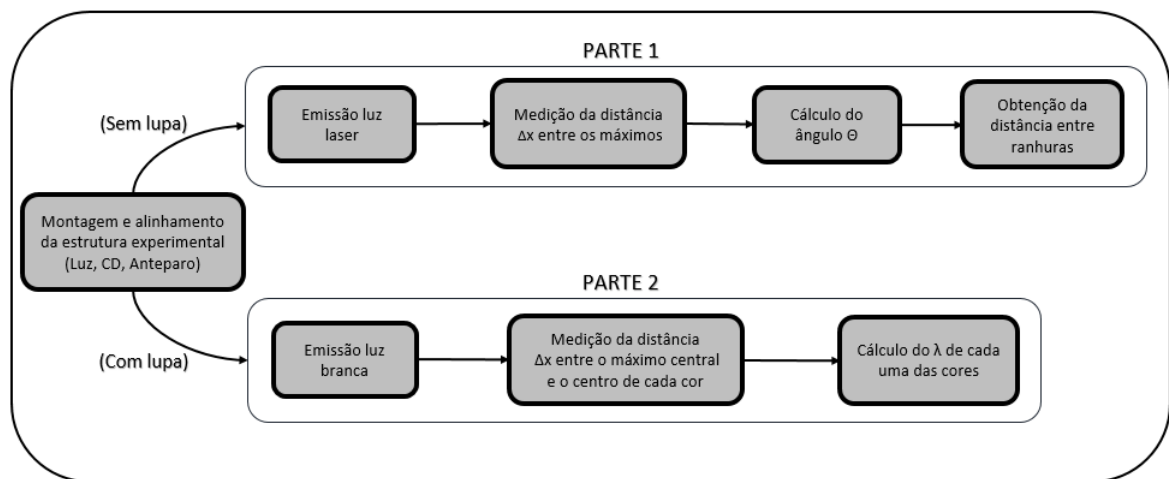


Figura 2.1: Fluxograma descritivo do experimento

### 2.1 Determinação da distância entre ranhuras em um CD

Primeiramente a fim de iniciar o processo de montagem do aparato experimental é preciso retirar o filme que residi sobre o CD, como é mostrado na figura 2.2 para que assim seja possível, utilizando um laser incidir um feixe de luz e assim visualizar o processo esperado sobre o anteparo, feito a partir de folhas A4. O aparato foi devidamente montado se utilizando de peças de lego e pregadores como bases de fixação, assim como é mostrado na figuras 2.3.



Figura 2.2: Remoção película superficial do CD



Figura 2.3: Aparato experimental (Laser)

## 2.2 Determinação do comprimento de onda do espectro da luz branca

Assim como no processo anterior o mesmo aparato foi utilizado, contudo agora utiliza-se a lanterna de um celular, que emite luz branca, e uma lupa (lente convergente), para focalizar os raios de luz e desse modo, tornando possível analisar o fenômeno de espalhamento, ou seja, possível aferir cada comprimento de onda que forma a luz branca incidida sobre o CD, assim como é mostrado na figura 2.4.



Figura 2.4: Aparato experimental (Luz Branca)



### 3 Resultados e Discussões

#### 3.1 Determinação da distância entre ranhuras em um CD

Com todos os dados obtidos experimentalmente ( $L$  e  $\Delta x$ ) e com a finalidade de preencher a tabela 1 com os dados relacionados a  $d$  (espaçamentos entre as aberturas) e  $n$  (número de linhas por mm) é necessário se utilizar das equações 1.1 e 1.2 previamente citadas. Vale-se ressaltar que com uma análise geométrica e manipulação algébrica é possível obter as seguintes equações.

$$\theta = \arctan \frac{\Delta x}{L} \quad (3.1)$$

$$d = \frac{m \cdot \lambda}{\sin \theta} \quad (3.2)$$

$$n = \frac{1}{d} \quad (3.3)$$

	L (mm)	$\Delta x$ (mm)		$d$ ( $\mu\text{m}$ )		n (linhas/mm)
		m=1	m=2	m=1	m=2	
CD	67,6	32	110	1,5	1,5	666,7

Tabela 1: Medida da distância entre as ranhuras em um CD

#### 3.2 Determinação do comprimento de onda do espectro da luz branca

Em vista da necessidade de encontrar os comprimentos de onda do espectro da luz branca é utilizado o valor de  $d$ , obtido na tabela 1 e sabendo que  $m=1$ , assim é possível, utilizando-se das mesmas equações supracitadas encontrar os dados necessários.

	L (mm)	$\Delta x$ (mm)	$\lambda$ (nm)
Azul	100	29,7	429,40
Verde	100	36,3	514,62
Vermelho	100	47,7	649,32

Tabela 2: Comprimento de Onda do espectro da luz branca

A fim de conferir os valores obtidos experimentalmente foi devidamente consultado na literatura os valores relacionados aos comprimentos de onda da coloração azul, verde e vermelha, assim sendo montada a tabela abaixo.

$\lambda$ referência (nm)	
Azul	440-485
Verde	500-565
Vermelho	625-740

Tabela 3: Valores de Referência <sup>[3]</sup>

Vale-se ressaltar que o valor correspondente ao azul não se encontra no intervalo pesquisado, isso se dá principalmente ao nível de precisão do  $\Delta x$  obtido, desse modo era esperado que houvesse certa variação.

### 3.3 Questões Complementares

#### 3.3.1 O que você esperaria da distância entre as ranhuras se você tivesse utilizado um DVD?

É de se esperar que a distância entre ranhuras presente no DVD seja menor comparado aos do CD, devido ao fato do DVD possuir um nível maior de armazenamento e um mesmo tamanho físico.

#### 3.3.2 Por que se consegue armazenar mais informações no DVD do que no CD? Existe diferença na luz utilizada para a leitura dos dados nos CDs e DVDs?

É possível armazenar mais informações devido ao fato de possuir um maior número de ranhuras/mm e desse modo sendo possível "escrever" mais dados em comparação. Há também uma diferença na luz que é utilizada na leitura e gravação de CDs e DVDs, enquanto no CD se utiliza luz com comprimento de onda em torno de 780 nm no DVD é utilizado algo em torno de 650nm, fato que pode ser observado na figura 3.1 e matematicamente explicado e descrito através da equação 1.1.

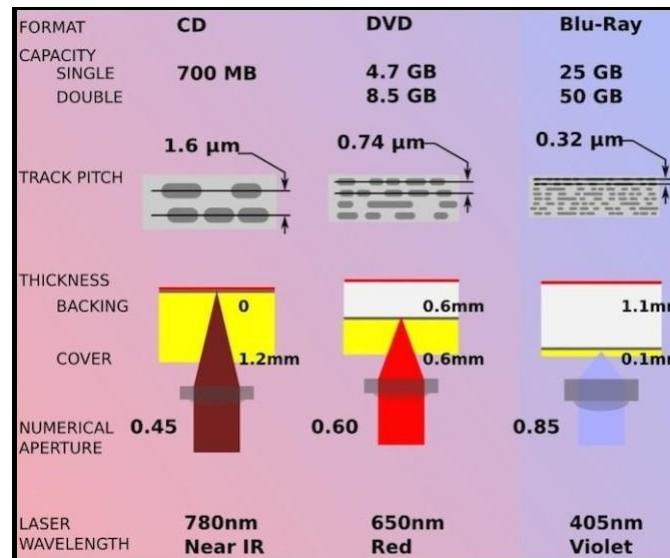


Figura 3.1: Diferenças entre CD, DVD e Blu-ray

### 3.3.3 O que foi observado ao substituímos uma fonte monocromática (laser) por uma fonte de luz branca nos experimentos

Após a substituição da fonte monocromática por uma fonte de luz branca, podemos notar que, após a incidência do feixe de luz na rede de difração (CD), há uma decomposição espectral do feixe de luz incidente em seus componentes do espectro visível, de forma que cada componente da luz branca possui máximos bem definidos no anteparo, como mostra a figura 2.4.

Além disso, nota-se que o máximo central é a composição dos máximos centrais de cada componente espectral da luz branca e, portanto, possui coloração branca.

### 3.3.4 Aplicações em Engenharia que utilizam o fenômeno da difração

Dentre as aplicações, na Engenharia, do fenômeno de difração, podemos citar a difração de raios-x, muito utilizada na Engenharia de Materiais para a determinação de diversas propriedades de diversos materiais. O fenômeno supracitado é descrito na figura 3.2, como segue:

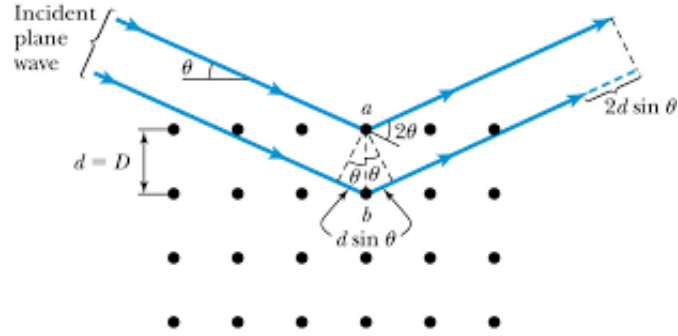


Figura 3.2: Difração de raios-x<sup>[5]</sup>

A técnica de difração de raios-x utiliza como base a Lei de Bragg. Para deduzí-la, consideremos a figura 3.2. Para as duas ondas incidentes, com comprimento de onda  $\lambda$  temos uma diferença de caminho óptico dada por:

$$\Delta d = 2d \sin(\theta) \quad (3.4)$$

Assim, para que haja interferência construtiva entre as ondas incidentes, devemos ter:

$$\Delta d = n\lambda \Rightarrow n\lambda = 2d \sin(\theta) \quad (3.5)$$

A relação dada pela equação 3.5 é conhecida como Lei de Bragg. De posse dessa relação, torna-se possível a determinação do tipo de célula unitária da estrutura cristalina de um determinado material. Isso pode ser feito através de um aparato como o esquematizado na figura 3.3.

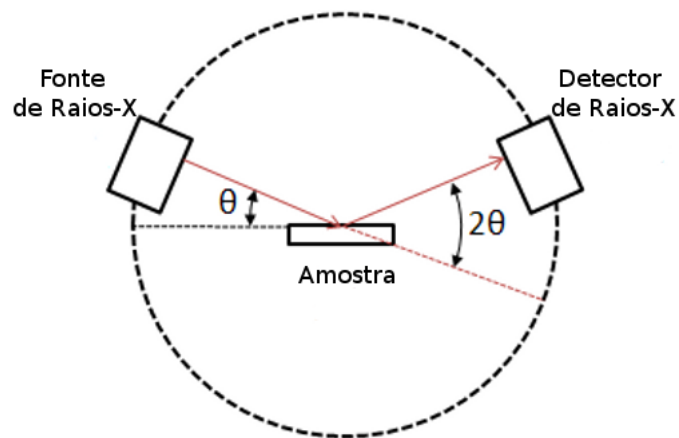


Figura 3.3: Aparato para experimento de difração de raios-x<sup>[6]</sup>

No aparato supracitado, a fonte de raios-x pode variar seu ângulo em relação a uma linha de referência horizontal, de forma que, para os ângulos em que há interferência construtiva, o detector de raios-x mensura picos de irradiância do feixe difratado pela amostra de material cujo retículo cristalino é desconhecido, fornecendo uma figura de difração como a representada na figura 3.4.

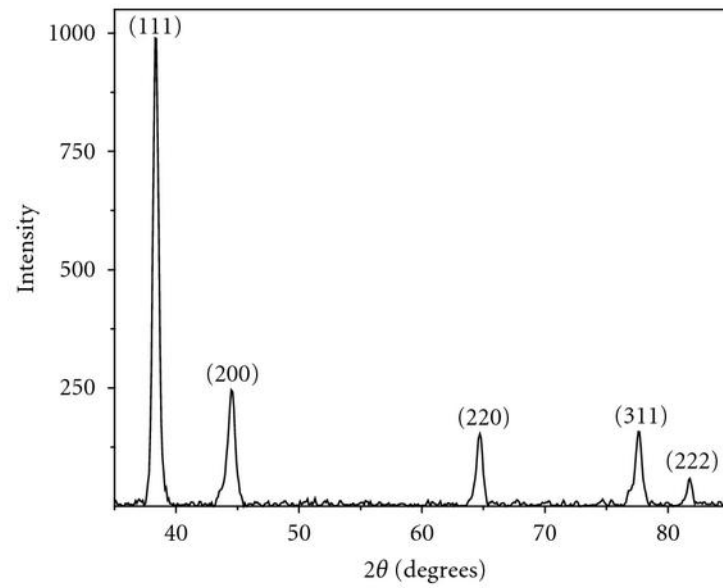


Figura 3.4: Figura de difração para um determinado material<sup>[6]</sup>

Após obtida a figura de difração de um determinado material, como mostrada na figura 3.4, é possível, através de cálculos, aferir o tipo de célula unitária que a estrutura cristalina desse material admite e, conseqüentemente, identificar as famílias de planos dessas células unitárias através de seus índices de Miller, bem como o parâmetro de rede dessas células unitárias.

## 4 Conclusão

Ao final deste relatório é possível aferir que os objetivos inicialmente colocados foram todos devidamente testados com uso de um aparato caseiro e conceitos já solidificados pela comunidade científica, em específico os relacionados com redes de difração, sendo assim medido a distância entre as ranhuras de um CD, como também verificado a difração de uma fonte de luz branca. Além disso vale-se ressaltar que com uso deste conhecimento pode-se entender de maneira mais aprofundada como se dá o armazenamento de informações não somente no CD, como também nos DVDs e Blu-rays e proporciona um conhecimento das aplicabilidades de tal conhecimento em outras áreas relacionadas a Engenharia.

## 5 Referências

- [1] **MUNDIM. Kleber C.** Disponível em: <http://www.ensinoadistancia.pro.br/EaD/Fisica-4/Aulas/Aula-15/aula-15.html>. Acesso em 30/05/2020
- [2] **IFI UNICAMP.** Disponível em: <https://sites.ifi.unicamp.br/laboptica/roteiros-do-laboratorio/3-difracao-de-fendas/>. Acesso em 30/05/2020
- [3] **Virtuous Tecnologia da Informação.** Disponível em: [http://www.sofisica.com.br/conteudos/Otica/Refracaodaluz/cor\\_e\\_frequencia.php](http://www.sofisica.com.br/conteudos/Otica/Refracaodaluz/cor_e_frequencia.php) Acesso em 04/06/2020
- [4] **PUC-RIO.** Aplicações Industriais de Difração de Raios-X. Disponível em: [https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/9965/9965\\_5.PDF](https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/9965/9965_5.PDF). Acesso em: 03 jun. 2020.
- [5] **GALLAS, M. R.** Propriedades da Onda de Matéria + Difração de Elétrons. Disponível em: [http://www.if.ufrgs.br/~marcia/MQ\\_aula2+difr\\_eletr\\_impressao.pdf](http://www.if.ufrgs.br/~marcia/MQ_aula2+difr_eletr_impressao.pdf). Acesso em: 03 jun. 2020.
- [6] **INSTITUTO DE FÍSICA "GLEB WATAGHIN", LABORATÓRIO DE FÍSICA MODERNA.** Difração de Raio X. Disponível em: <https://sites.ifi.unicamp.br/lfmoderna/conteudos/difracao-de-raio-x/>. Acesso em: 03 jun. 2020.