

Experimento 1

LENTE E INSTRUMENTOS ÓTICOS

1.1 OBJETIVOS

- Construir e utilizar corretamente um microscópio composto, uma lupa, uma luneta astronômica e uma luneta terrestre.
- Classificar as imagens formadas.
- Determinar a posição das imagens formadas.
- Determinar a ampliação fornecida por estes instrumentos óticos.

1.2 PARTE TEÓRICA

1.2.1 Lentes Delgadas

Para podermos observar um objeto é preciso que os olhos interceptem alguns dos raios luminosos que partem do objeto e os redirecionem para a retina. Nosso sistema visual processa as informações e fornece ao nosso cérebro uma imagem do objeto.

Para um observador em cuja vista penetram raios refletidos divergentes originados em P_1 , como na figura 1.1, a sensação visual é idêntica à que se teria se os raios emanassem de \bar{P}_1 . Diz-se então que \bar{P}_1 é uma imagem virtual do objeto P_1 . De modo geral, diz-se que uma imagem é virtual quando não há raios luminosos emanando dela, ela está no prolongamento dos raios. Quando os raios luminosos são emanados diretamente do objeto, a imagem é real.

Uma lente é um corpo transparente limitado por duas superfícies refratoras de raios de curvatura C_1 e C_2 , situados a distâncias r_1 e r_2 do centro da lente, respectivamente. A luz é refratada ao entrar e ao sair da lente, podendo mudar a direção dos raios luminosos de acordo com a Lei de Snell, conforme visto na figura 1.2 (b) e (d).

Na figura 1.2 (a) vemos que os raios luminosos que incidem paralelos ao eixo central da lente convergem para um único ponto, que é chamado de foco F_2 . Se os mesmos raios

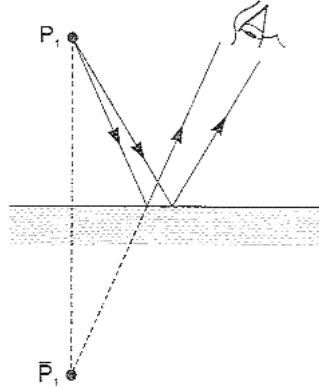


Figura 1.1: Formação de uma imagem virtual em um espelho plano.

incidissem da direita para a esquerda, iriam convergir no foco F_1 . Para esta lente, os pontos focais são reais (e positivos), já que os raios luminosos realmente se cruzam nesse ponto. Essa é uma lente convergente.

Na figura 1.2 (c), os raios luminosos incidentes divergem, trata-se portanto de uma lente divergente. O ponto focal é definido pelo prolongamento dos raios refratados, que convergem para o foco F_2 . Nesse caso, o foco é virtual (e negativo).

Considerando um objeto a uma distância p do centro de uma lente delgada, a distância do centro da lente até a imagem, i , pode ser encontrada matematicamente segundo a função dos pontos conjugados (equação de Gauss), que também é válida para os espelhos esféricos,

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{i}. \quad (1.1)$$

O aumento linear transversal A , ou ampliação, é definido como a razão entre o tamanho da imagem h' e o tamanho do objeto h . Esta grandeza adimensional também pode ser expressa em função das posições dos objetos:

$$A = \frac{h'}{h} = -\frac{i}{p}. \quad (1.2)$$

Quando o sinal da ampliação é positivo, a imagem é dita direita. E quando o sinal é negativo, temos uma imagem invertida.

1.2.2 A lupa

A lupa é uma lente convergente com distância focal de alguns centímetros, muito utilizada como “lente de aumento” em diversas atividades.

Para objetos reais situados entre o foco principal e o centro ótico, a lupa fornece uma imagem virtual, direita e ampliada. Neste caso, para o olho do observador, a imagem fornecida se comporta como um objeto real.

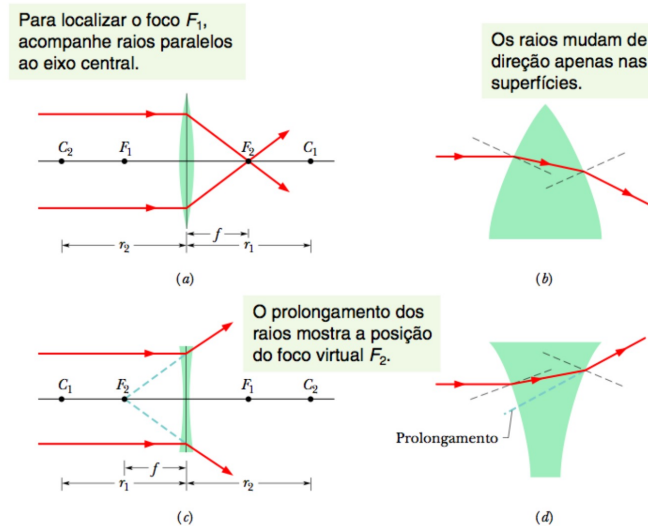


Figura 1.2: Raios luminosos paralelos ao eixo central incidindo em: (a) e (b) uma lente convergente, e (c) e (d) uma lente divergente.

Os aumentos fornecidos pelas lupas raramente excedem a 10 vezes. Dependendo da posição do objeto, a lupa também pode permitir a visualização de imagens reduzidas do objeto.

A figura 1.3 mostra o diagrama representativo do caminho óptico numa lupa.

1.2.3 O microscópio composto

O microscópio composto é um aparelho óptico que forma imagens ampliadas de objetos pequenos. São utilizadas duas lentes convergentes de distâncias focais adequadas e convenientemente posicionadas.

A lente que fica mais próxima do objeto é denominada objetiva e forma uma imagem real do objeto. A lente que fica mais próxima do olho é denominada ocular e funciona como uma lente de aumento para observar a imagem formada pela objetiva.

A configuração do microscópio resulta do diagrama representado na figura 1.4. O objeto O é colocado a uma distância um pouco maior que a distância focal F_1 da objetiva. Portanto, a imagem conjugada I_1 é real, invertida e maior que o objeto. Esta imagem funcionará como objeto para a ocular e deverá estar a uma distância menor do que a distância focal F_2 da ocular. A segunda imagem I_2 será virtual, direita e maior do que o objeto.

A imagem I_2 é considerada objeto para o observador, desta forma, em relação ao objeto inicial O , a imagem final I_2 é invertida.

A ampliação, ou aumento linear transversal, da objetiva é a razão entre o tamanho da imagem pelo tamanho do objeto, isto é:

$$A_{ob} = \frac{h'_1}{h} \quad (1.3)$$

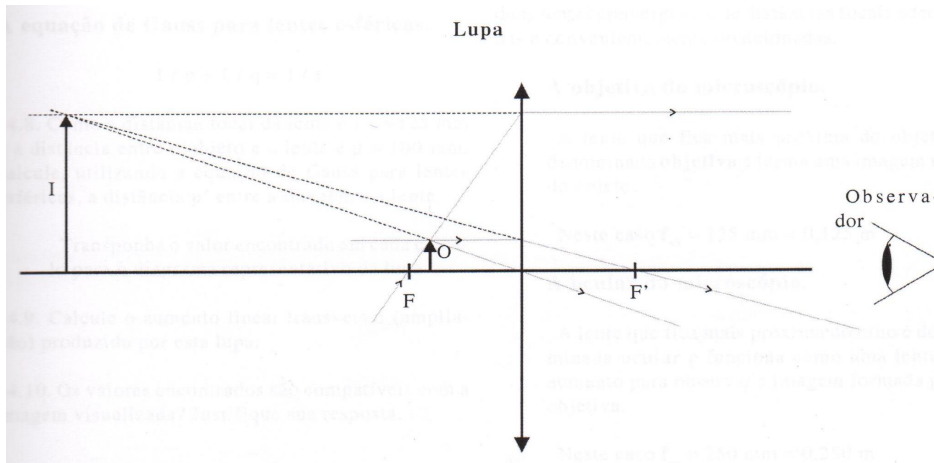


Figura 1.3: Diagrama representativo da lupa.

A ampliação da ocular é dada por:

$$A_{oc} = \frac{h'_2}{h'_1} \quad (1.4)$$

E a ampliação do microscópio composto é:

$$A = \frac{h'_2}{h} \quad (1.5)$$

Multiplicando o numerador e o denominador da expressão acima por h'_1 :

$$A = \left(\frac{h'_2}{h} \right) \cdot \left(\frac{h'_1}{h'_1} \right) = \left(\frac{h'_1}{h} \right) \cdot \left(\frac{h'_2}{h'_1} \right) \quad (1.6)$$

$$A = A_{ob} \cdot A_{oc} \quad (1.7)$$

Esta expressão indica que a ampliação, ou aumento linear transversal, do microscópio composto pode ser calculada pelo produto do aumento linear transversal da lente objetiva pela ocular.

1.2.4 As lunetas

A luneta é um instrumento formado basicamente por dois sistemas de lentes convergentes associados coaxialmente. O primeiro é a objetiva (com distância focal da ordem de décimetros), que capta a primeira imagem do objeto. O segundo é a ocular, que operando como uma lupa, conjuga a imagem final, que se comporta como objeto para o olho do observador.

Existem dois tipos de lunetas, as astronômicas e as terrestres.

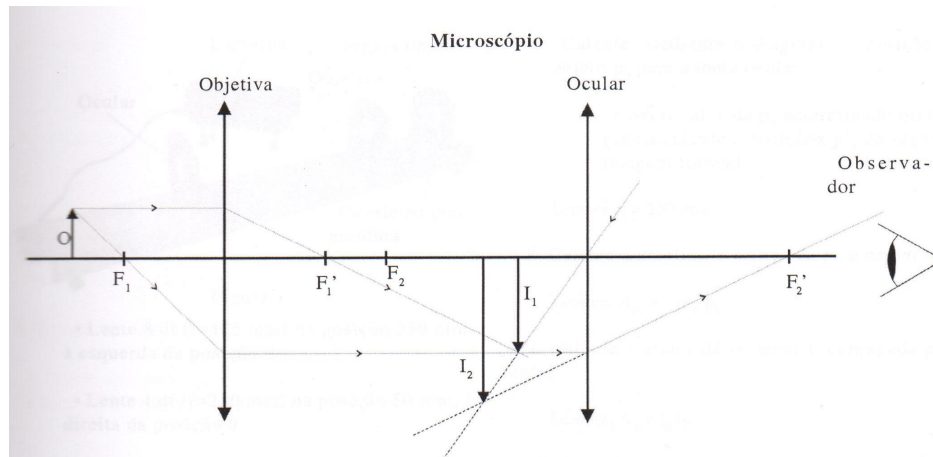


Figura 1.4: Diagrama representativo do microscópio composto.

A luneta astronômica

A luneta astronômica é utilizada na observação de objetos longínquos, como os corpos celestes.

A luz emitida por um objeto muito afastado (teoricamente, “no infinito”) incide na objetiva e forma uma imagem I_1 real e invertida. Devido à grande distância entre o objeto e a objetiva, a imagem conjugada pela objetiva se forma em seu plano focal imagem F_1 . Tal imagem, posicionada entre o foco objeto e o centro óptico da ocular, comporta-se como objeto para a ocular, que faz corresponder a ele uma imagem I_2 virtual, direita e aumentada.

Portanto, na luneta astronômica a imagem final é invertida em relação ao objeto inicial, que para a visualização de astros não é significativo.

A luneta terrestre

A luneta terrestre é empregada para observar objetos não muito afastados. As lunetas não fornecem aumentos lineares dos corpos observados, apenas possibilitam a visualização desses corpos sob ângulos visuais ampliados, por isso, elas são denominadas instrumentos de aproximação.

Por definição, o aumento visual ou aumento angular para a luneta é a grandeza adimensional G , dada por:

$$G = \frac{F_{ob}}{F_{oc}} \quad (1.8)$$

onde F_{ob} é a distância focal da objetiva e F_{oc} é a distância focal da ocular. Esta expressão é válida quando consideramos o objeto no infinito.

A configuração da luneta resulta do diagrama representado na figura 1.5.

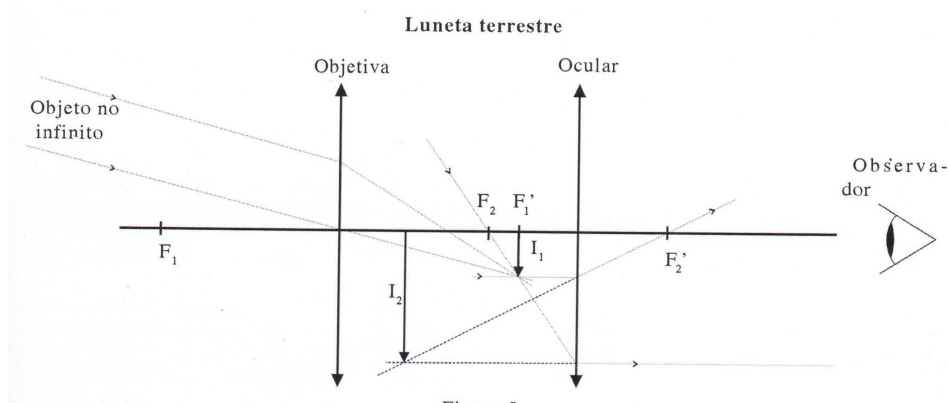


Figura 1.5: Diagrama representativo da luneta.

1.3 PARTE EXPERIMENTAL

1.3.1 Lista de materiais

- 1 base principal com escala milimetrada e sapatas niveladoras
- 1 lanterna de luz policromática
- 1 lente convergente 8 di ($f = 125 \text{ mm}$)
- 1 lente convergente 4 di ($f = 250 \text{ mm}$)
- 1 figura objeto com moldura e fixação magnética
- 1 cavaleiro com moldura para figura objeto
- 2 cavaleiros metálicos para as lentes
- 1 anteparo

Observação: Não tocar nas lentes nem na figura objeto, manuseie apenas os cavaleiros.

1.3.2 A relação entre o objeto, a lente e a imagem gerada pela lente

- Posicione a lanterna de luz policromática sobre o barramento, com a parte frontal alinhada na marca 890 mm da escala I (escala superior).
- A lente plano convexa de 8 di ($f = 125 \text{ mm}$) no cavaleiro magnético deve ser alinhada sobre a marca 500 mm da escala I.
- Posicione a figura objeto (diafragma com a letra “F”) com o cavaleiro magnético alinhado sobre a marca dos 800 mm da escala I. Ajuste a altura do slide no cavaleiro, caso necessário.

Obs: A fonte luminosa servirá apenas para iluminar o alvo e melhorar didaticamente o experimento, portanto, em sua análise ignore a lanterna e a lente da mesma.

A lei de Gauss para as lentes

- Este objeto pode ser considerado real? Justifique.
- Posicione o anteparo à direita da lente (do lado oposto ao da fonte) e deslize-o sobre a base até encontrar a melhor imagem (imagem focalizada). Anote essa posição e estime o erro da medida.
- Calcule, pela lei de Gauss, o valor da posição da imagem e compare, considerando as incertezas, com o valor encontrado experimentalmente.

A ampliação linear transversal de uma lente

- Meça com a régua o tamanho h do objeto utilizado.
- Meça o tamanho h' da imagem formada no anteparo. Estime o erro das medidas.
- Calcule o valor da ampliação, tanto pela razão entre as alturas quanto pela relação entre as posições do objeto e da imagem. Compare os resultados, considerando as incertezas.
- A imagem obtida é real ou virtual? Direita ou invertida? Maior ou menor que o objeto?
- Faça o diagrama representativo do experimento, incluindo a lente, as posições F_1 , F_2 , p e i , e as alturas do objeto e da imagem.
- Repita o mesmo procedimento para as seguintes posições do objeto: 700mm, 675mm, 625mm e 570mm.
- Os resultados foram os esperados?

1.3.3 A lupa

- Desligue a fonte
- Posicione os seguintes componentes nas posições indicadas na escala I do barramento (escala superior), conforme a figura 1.6:
 - Lente plano convexa de 8 di ($f = 125$ mm) na posição 400 mm.
 - Figura objeto na posição 300 mm.
- Olhe diretamente através da lente e observe a imagem formada.
- Classifique a imagem considerando a sua dimensão em relação ao objeto, e a sua natureza.
- Calcule, utilizando a equação de Gauss para lentes esféricas, a distância i entre a imagem e a lente.

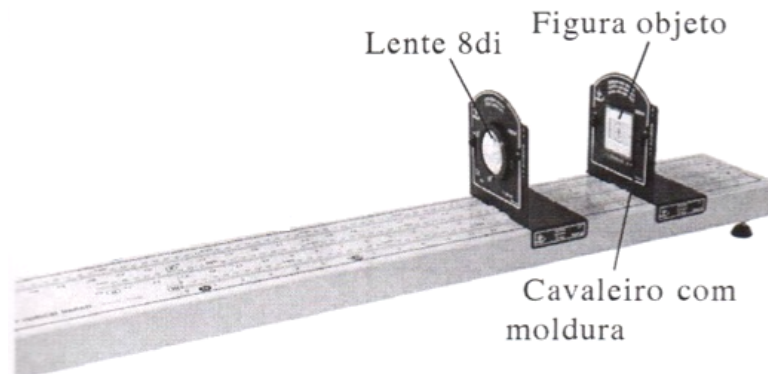


Figura 1.6: Montagem experimental da lupa.

- Construa o diagrama representativo da lupa com o valor de i encontrado.
- Calcule o aumento linear transversal (ampliação) produzido por esta lupa.
- Os valores encontrados são compatíveis com a imagem visualizada?

1.3.4 Lunetas

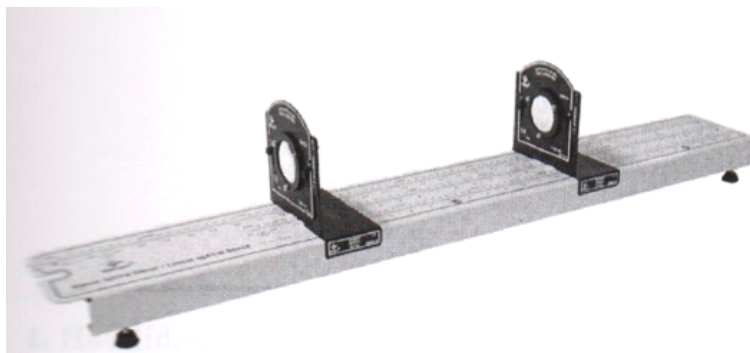


Figura 1.7: Montagem experimental da luneta.

- Mantenha a lanterna desligada.
- Posicione os seguintes componentes nas posições indicadas da escala I do barramento, como na figura 1.7.
 - Lente 8 di ($f = 125$ mm) na posição 500 mm.
 - Lente 4 di ($f = 250$ mm) na posição 165 mm.

- Selecione um objeto distante para ser observado.
- Afaste-se aproximadamente 300 mm da lente ocular, feche um olho e observe a imagem do objeto selecionado. Caso a imagem não seja visualizada com nitidez, afaste ou aproxime o rosto da lente ocular buscando uma melhor focalização.
- Calcule o aumento angular G para a luneta construída.
- Tente outras posições para as lentes ocular e objetiva que permitam visualizar objetos distantes.

1.3.5 O microscópio composto

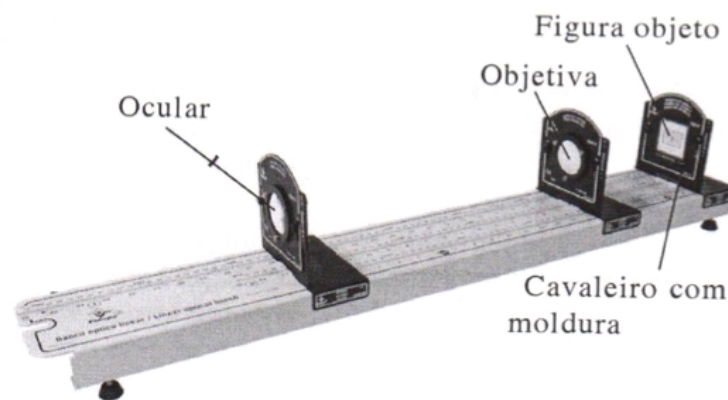


Figura 1.8: Montagem experimental do microscópio composto.

- Posicione os componentes a seguir nas posições indicadas da escala I do barramento (escala superior), conforme a figura 1.8:
 - Lanterna policromática na posição 890 mm.
 - Lente plano convexa de 8 di ($f = 125$ mm) na posição 600 mm. Esta será a lente objetiva do microscópio.
 - Figura objeto na posição 790 mm.
- Usando a equação de Gauss para lentes esféricas, calcule a posição i_1 da imagem conjugada pela lente objetiva.
- Verifique a posição da projeção da imagem posicionando o anteparo à direita da lente. Compare com o valor calculado. Classifique a imagem.
- Calcule a ampliação fornecida pela objetiva e a altura da imagem conjugada, h'_1 .
- Construa o diagrama representativo do microscópio composto, traçando os raios da lente objetiva.

- Esta imagem será o objeto para a lente ocular. Determine, mediante o diagrama, a posição do objeto p_2 para a lente ocular.
- Posicione a lente plano convexa de 4 di ($f = 250$ mm) na posição 200 mm.
- Calcule a posição i_2 da segunda imagem formada.
- Determine a altura da imagem h'_2 conjugada pela ocular.
- Determine a ampliação fornecida pela ocular.
- Determine a ampliação total fornecida pelo microscópio.
- Trace os raios relativos à lente ocular no diagrama construído anteriormente.
- Coloque um papel na frente da figura objeto, de forma que ele funcione como filtro, reduzindo a luminosidade da lanterna que chegará ao olho do observador.
- Posicione seu rosto rente à base principal a 300 mm da lente objetiva. Observe e classifique a imagem formada.
- Os valores encontrados são compatíveis com a imagem visualizada? Justifique sua resposta.

1.4 BIBLIOGRAFIA

[1], [2], [3]

Referências Bibliográficas

- [1]
- [2] H. Moysés, Nussenzveig. *Curso de Física Básica 4*. Editora Blucher, São Paulo, 1998.
- [3] Halliday, David and Resnick, Robert. *Física 4ª ed.*, volume 4. Livros Técnicos e científicos, Rio de Janeiro, 1983.
- [4] Alvarenga, Beatriz G. de and Luz, Antonio Máximo R. da. *Física*, volume 2. Bernardo Alvares, Belo Horizonte, 1970.
- [5] Crawford Jr., Frank S. *Ondas*. Berkley Physics Course 3. Reverté, Barcelona, 1977.
- [6] Efron, Alexander. *El mundo del sonido*. Editorial Bell, Mexico, 1971.
- [7] Ference Jr., Michael, Lemon, Harvey B., and Sthephenson, Reginald J. *Curso de física: eletromagnetismo*. Edgard Blucher, São Paulo.
- [8] Ference Jr., Michael, Lemon, Harvey B., and Sthephenson, Reginald J. *Curso de física: mecânica*. Edgard Blucher, São Paulo.
- [9] Ference Jr., Michael, Lemon, Harvey B., and Sthephenson, Reginald J. *Curso de física: ondas (som e luz)*. Edgard Blucher, São Paulo.
- [10] Goldenberg, José. *Física Geral e experimental 2. ed*. Biblioteca Universitária, série 3ª, ciências puras, 9. Nacional, São Paulo, 1970.
- [11] Mahan, Bruce H. *Química: um curso universitário*. Edgard Blucher, São Paulo, 1970.
- [12] Martins, Nelson. *Introdução à teoria da eletricidade e do magnetismo 2ª ed*. Edgard Blucher, São Paulo, 1975.
- [13] Physical Science Study Commitee 6ª ed. *Física*, volume 2. Edart, São Paulo, 1972.
- [14] Serway, Raymond A. and Jewett Jr., John W. *Princípios de Física*, volume 4. Pioneira Thomson Learning, São Paulo, 2004.
- [15] Young, Hugh D. and Freedman, Roger A. *Física IV*, volume 4. Addison Wesley, São Paulo, 2003.
- [16] Young, Hugh D. and Freedman, Roger A. *Física II*, volume 2. Addison Wesley, São Paulo, 2003.

- [17] Halliday, David and Resnick, Robert. *Física II*, volume 2. Livros Técnicos e científicos, Rio de Janeiro, 1976.
- [18] 3B Scientific Physics ,. *Manual de operações do Interferômetro de Precisão U10350*.
- [19] Grotch H., McKelvey J. P. *Física 4*. Harbra - Harper and Row do Brasil, São Paulo, 1981.
- [20] Eisberg R. M.,. *Fundamentos da Física Moderna*. Guanabara Dois, Rio de Janeiro, 1979.
- [21] Andrews C. L.,. *Optics of the electromagnetic spectrum*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J, 1960.
- [22] Goldenberg, José. *A interação da radiação eletromagnética com a matéria*. Monografias de física e química, 1. Funbec, São Paulo, 1972.
- [23] Halliday, David and Resnick, Robert. *Física I*, volume 1. Livros Técnicos e científicos, Rio de Janeiro, 1976.
- [24] Halliday, David and Resnick, Robert. *Física 4^a ed.*, volume 3. Livros Técnicos e científicos, Rio de Janeiro, 1983.
- [25] Oliveira, Newton B. de. *Circuitos Elétricos no Domínio do Tempo e da Freqüência*. Edufba, Salvador, 2008.