

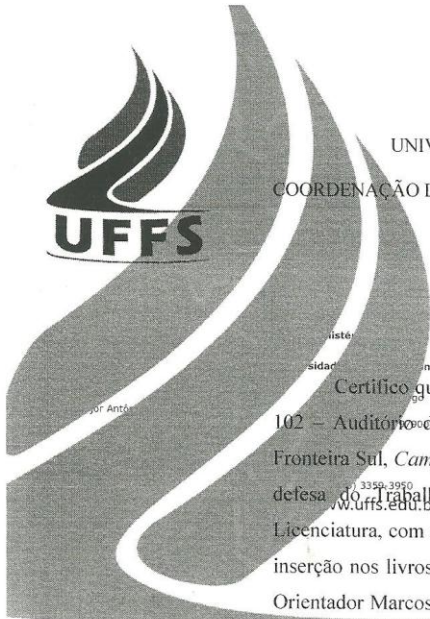


**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL – CAMPUS
CERRO LARGO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM FÍSICA – LICENCIATURA**

ANA CAROLINA STAUDT

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**Cerro Largo
2015**



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS CERRO LARGO
COORDENAÇÃO DO CURSO DE FÍSICA – LICENCIATURA

CERTIDÃO

Certifico que aos 16 dias do mês de junho de dois mil e quinze, na sala 102 – Auditório do Bloco A, nas dependências da Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Cerro Largo, a acadêmica Ana Carolina Staudt realizou a defesa do Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Física – Licenciatura, com o seguinte título: “Estudo da história da radioatividade e sua inserção nos livros didáticos do ensino médio”, sendo avaliada pelo Professor Orientador Marcos Alexandre Dullius, orientador e demais membros da Banca Examinadora: Professor Diogo Pauletti e Professor Thiago de Cacio Luchese, tendo obtido nota 9,5 (nove e cinco).

Cerro Largo, 16 de junho de 2015.

marcos a. dullius

Professor Orientador: Marcos Alexandre Dullius

Diogo Pauletti

Professor Avaliador Diogo Pauletti

Thiago de Cacio Luchese

Professor Avaliador Thiago de Cacio Luchese

ANA CAROLINA STAUDT

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO:
ESTUDO DA HISTÓRIA DA RADIOATIVIDADE E SUA INSERÇÃO NOS
LIVROS DIDÁTICOS DO ENSINO MÉDIO**

ORIENTADOR: Dr. MARCOS ALEXANDRE DULLIUS

**CERRO LARGO-RS
2015**

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	05
REFERENCIAL TEÓRICO.....	06
METODOLOGIA	09
RESULTADO E DISCUSSÕES	11
ANÁLISE DOS RESULTADOS	14
CONCLUSÃO	17
REFERÊNCIAS.....	18

RESUMO: Neste trabalho analisamos a descoberta da radioatividade, partindo da história relata em livros e artigos, considerando os fatos que foram atribuídos a esta descoberta. A descoberta da radioatividade apresenta muitas versões alternativas em diversos livros didáticos, como se trata de um tema trabalhado em Física Moderna, é uma história que inúmeras vezes pode confundir os alunos, pelo fato dessa descoberta ser pouco trabalhada pelos professores ou mesmo não ser trabalhada.

A análise geral dos livros nos mostra que em sua maioria estes exemplares não descrevem como a radioatividade foi descoberta e a evolução deste conceito. Os livros que falam sobre a sua descoberta apontam um cientista como o “descobridor” da radioatividade, o que tentamos evitar, já que muitos cientistas estudavam materiais radioativos e também podem ter sido os “descobridores” desse conceito. Também temos os livros que descrevem apenas a importância dos raios x, mencionando seus benefícios e malefícios para a sociedade, sem citar a radioatividade.

Então, o que pretendemos com o trabalho é mostrar como ocorreu a descoberta da radioatividade e como esta descoberta é descrita nos livros didáticos. Bem como analisar os livros que descrevem o descobrimento de uma forma errônea.

PALAVRAS-CHAVE: Descoberta, livro didático, radioatividade.

INTRODUÇÃO

O conceito de radioatividade tem sido pouco abordado pelos autores dos livros de ensino médio, considerando sua importância para a sociedade, em áreas como a medicina, a indústria farmacêutica e a agricultura, mas não esclarecem como ocorreu o processo para que os cientistas descobrissem a radioatividade. Sendo que alguns autores, não mencionam este conceito em seus livros.

Além da descoberta da radioatividade ser pouco abordada pelos livros, quando é abordada traz uma descrição histórica errônea atribuindo a descoberta a apenas um cientista, Becquerel, e que esta ocorreu de forma acidental, o que contrariam muitos pesquisadores. Com a análise nos referenciais teóricos podemos perceber que talvez o verdadeiro crédito da descoberta da radioatividade deva ser dado não somente a ele, mas também a outros cientistas, Rutherford, Elster, Geitel, Schmidt (PERUZZO, 2012).

Este conceito deveria estar presente e ser bem discutido nos livros, pois além de complexo, é um tema ainda polêmico, por sua utilização, como os diagnósticos médicos e terapias, ou nas indústrias farmacêuticas, que utilizam fontes radioativas de grande porte para esterilizar seringas, luvas cirúrgicas e outros materiais. Como a radioatividade é utilizada na sociedade, os autores dos livros, deveriam abordar seu processo histórico, para que os alunos compreendam sua origem.

REFERENCIAL TEÓRICO

Para que a radioatividade fosse descoberta, ocorreu uma série de estudos anteriormente, que iniciou com os estudos dos raios catódicos (feixe de elétrons do polo negativo de um eletrodo (cátodo) em direção a um polo positivo (ânodo)), que também eram conhecidos como tubo de Crookes, assim como descreve Okuno; Yoshimura:

... muitos cientistas estavam pesquisando a natureza dos raios catódicos emitidos por um tubo de vidro evacuado, chamado de tubo de Crookes, com dois eletrodos metálicos aos quais se aplicava uma diferença de potencial. O próprio William Crookes havia percebido que o que passou a ser chamado de raios catódicos eram emanções que partiam do eletrodo negativo e se propagavam em linha reta, e que o local do tubo onde esses raios incidiam luminescia. Ele conseguiu também defletir os raios, aplicando um campo magnético que o fez conjecturar se seriam cargas negativas. (Okuno; Yoshimura, 2010).

O físico alemão Philipp Lenard, estudou os raios catódicos e modificou o tubo de Crookes, ao adicionar uma janela feita de alumínio, com o intuito de ver se os raios saíam através dessa janela para o exterior. Para realizar isso, colocou um anteparo fluorescente e verificou que até uma distância de 8 cm, ele detectava luminescência devida aos raios catódicos (Okuno; Yoshimura, 2010).

Sabendo do experimento realizado por Lenard, um professor de Física da Universidade de Würzburg, na Alemanha, Wilhelm Conrad Röntgen, decidiu repetir a experiência do físico alemão. Mas ao contrário de Lenard, Röntgen embrulhou o tubo com um papel preto afim de que a luminescência que seria forte no vidro, não atrapalhasse sua visão a uma tela com platino cianeto de bário, que ao estar cerca de 8 cm do tubo, florescia fracamente. De acordo com Okuno; Yoshimura, Röntgen apagou a luz do laboratório, acomodou os olhos à escuridão e foi afastando a tela à 2 m do tubo e percebeu que toda vez que desligava, a luminescência persistia. Ligou e desligou o tubo, e percebeu que toda vez que desligava, a luminescência desaparecia (Okuno; Yoshimura, 2010).

Ele analisou este fenômeno nas semanas seguintes e percebeu que estes raios não sofriam desvios com um campo magnético e também atravessavam materiais diferentes, mas foi quando colocou uma peça entre o

tubo e a tela fluorescente que Röntgen observou que o contorno dos ossos de seus dedos estava sendo mostrado na tela fluorescente (Okuno; Yoshimura, 2010). Pouco depois convenceu sua esposa, Anna Baertha de radiografar a mão dela e assim, concluiu o artigo (Okuno; Yoshimura, 2010). A partir da descoberta dos raios x (ondas eletromagnéticas), muitos outros artigos foram escritos sobre estes raios.

Baseado no artigo de Röntgen, outros cientistas e pesquisadores, Antoine Henri Becquerel e Chales Henry, buscavam encontrar nestes raios alguns fenômenos existentes na luz, como reflexão, refração e difração, outros tentavam estabelecer uma relação entre os recém descobertos raios x e a fluorescência.

O que nos leva aos estudos de Antoine Henri Becquerel, cientista descrito pela maior parte dos livros didáticos como o cientista que descobriu a radioatividade e que tentava encontrar uma relação entre os raios e a fluorescência. Becquerel fez experimentações para ver se as radiações visíveis e infravermelha, que são emitidas por corpos luminescentes podem emitir raios x. Ele analisou experimentos de outros cientistas como Chales Henry, que afirmava ter conseguido obter o mesmo efeito da radiografia, se cobrisse o objeto com uma camada de sulfeto de zinco e o cientista, Niewenglowsky que apoiavam as observações de Henry, mostrando que os materiais fosforescentes pareciam emitir raios x quando iluminados. Becquerel reproduziu alguns experimentos desses cientistas sem grandes alterações. Foi então que, como afirma Martins, ele testou uma substância nova – o sulfato duplo de uranila e potássio (Martins, 1990).

Becquerel continuou com seus estudos, dos efeitos causados pelo sulfato duplo de uranila e potássio. Logo após iniciou os estudos com sais de urânio. Ele não acreditava no fato de que suas novas pesquisas não resultavam em algo novo, os fenômenos ainda seriam os mesmos que ele já conhecia. Então retorna ao estudo da radiação de sulfato de uranila e potássio e conclui que a radiação se reflete em superfícies metálicas e se refrata no vidro comum. Sabe-se atualmente, que essa radiação não se reflete, nem se refrata no vidro (Martins, 1990).

O que podemos concluir com os estudos do intitulado “descobridor da radioatividade”, é que a radiação que Becquerel estudava era semelhante à luz, pois se refletia e refratava, mas o mesmo não ocorre com os raios x. O que podemos concluir, é que ou existiram efeitos que não podem ser explicados por nossos conhecimentos, ou Becquerel se enganou em suas observações (Martins, 1990).

No ano de 1899, com a descoberta de que o tório também poderia emitir radiações, por Marie Curie e dando um novo impulso aos “raios de Becquerel” é que se percebia um fenômeno que não ocorria apenas no urânio, Marie Curie nomeia o fenômeno de radioatividade (fenômeno pelo qual o núcleo instável emite partículas ou ondas eletromagnéticas). E defendia a ideia de que a radioatividade é uma propriedade atômica.

METODOLOGIA

Inicialmente, foi realizada a leitura do livro Física das radiações, de Emico Okuno e Elisabeth Mateus Yoshimura, 2010, que relata a evolução das pesquisas até o descobrimento da radioatividade, também foi realizada a leitura de um artigo, Como Becquerel não descobriu a radioatividade, Roberto Martins, 1990, que descreve como o físico Antoine Henri Becquerel não descobriu a radioatividade, ao contrário do que relatam alguns livros didáticos. Nos baseamos neste livro e artigo para este trabalho.

Para o estudo foram utilizados livros do Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio – PNLEM, de 2012, 2009 e 2007, além de um livro do ano de 1999. Nestes livros analisamos apenas os capítulos que tratavam sobre Física Moderna e/ou Contemporânea, nos quais os autores explicitavam suas concepções sobre a descoberta da radioatividade.

Os livros descritos abaixo, são os livros que foram observados durante a pesquisa, com seus autores, título, edição e ano.

CARRON, Wilson; GUIMARÃES, Osvaldo. **Coleção base: física**. Editora Moderna 1ª ed. 1999.

GASPAR, Alberto. **Compreendendo a Física**: ensino médio. Editora Ática 1ª ed. 2011.

GONÇALVES FILHO, Aurelio ; TOSCANO, Carlos. **Física e realidade**: ensino médio - física 3.. Editora Scipione 1ª ed. 2011.

LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da ; ÀLVARES, Beatriz Alvarenga. **Física**: volume 3. Editora Scipione 1ª ed. 2008.

MÁXIMO, Antônio; ALVARENGA, Beatriz. **Curso de Física**. Editora Scipione 1ª ed. 2011

OLIVEIRA, Maurício Pietrocola de... [et al]. **Física em contextos**: pessoal, social e histórico: eletricidade e eletromagnetismo, ondas eletromagnéticas, radiação e matéria. Física em contextos: pessoal, social e histórico: eletricidade e eletromagnetismo, ondas eletromagnéticas, radiação e matéria. Editora FTD 1ª ed. 2010.

PENTEADO, Paulo Cesar M.; TORRES, Carlos Magno A. **Física – ciência e tecnologia**. Editora Moderna 1ª ed. 2005.

SAMPAIO, José Luiz; CALÇADA, Caio Sérgio. **Universo** da Física, 3: ondulatória, eletromagnetismo, física moderna. Editora Atual 2ª ed. 2005.

TORRES, Carlos Magno A.; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antonio de Toledo. **Física – Ciência e Tecnologia**. Editora Moderna 2ª ed. 2010.

RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Para análise dos livros, distribuímos os livros em cinco categorias, tendo como base a descrição da descoberta e a evolução histórica da radioatividade. Os livros foram atribuídos nas categorias, 1) Sem descrição da radioatividade; 2) Apontam apenas um cientista como descobridor da radioatividade; 3) Utilização da radioatividade na sociedade; 4) Apontam Marie Curie como criadora do conceito de radioatividade; 5) Descreve toda história da descoberta da radioatividade.

As categorias foram criadas de acordo com as atribuições feitas pelos autores dos livros, sobre o tema analisado. A análise necessitava de atenção pelo fato de que muitas vezes os livros podem se encaixar em mais de uma categoria no mesmo parágrafo. A seguir fazemos uma descrição das categorias:

1) Sem descrição da radioatividade

Nestes livros os autores não mencionam o conceito de radioatividade e também não descrevem os raios x e nem os raios catódicos. A radioatividade é utilizada em vários setores, como já citamos, a medicina, diagnósticos médicos e terapias, na agricultura, como a eliminação de pragas, para a conservação de produtos agrícolas e também utilizada para a descoberta de materiais antigos, possibilitando conhecermos a idade desses materiais.

Apesar de ser utilizada em sociedade, ainda muitos autores não descrevem esse tema em seus livros, nem para citar sua importância, dando preferência à outros temas, como a Teoria da Relatividade e Mecânica Quântica

2) Apontam apenas um cientista como descobridor da radioatividade

Com a descoberta dos raios x muitos cientistas iniciaram uma busca para tentar compreender a natureza desses raios e se estes tinham uma relação com a luz ou a fluorescência, foi assim que Antoine Henri Becquerel iniciou os estudos com os raios x e ficou conhecido por muitos, como o descobridor da radioatividade. E os autores dos livros didáticos, descrevem Becquerel como o único descobridor, assim como relatam Carron; Guimarães,

A descoberta da radioatividade por Henri Becquerel (1852 - 1908), em 1896, deu o primeiro passo no desenvolvimento da Física Nuclear (Carron; Guimarães, 1999).

Entretanto, como já foi citado, muitos cientistas estavam pesquisando esta área, então não seria correto afirmar que apenas um pesquisador é o descobridor, pois todos influenciaram para a descoberta da radioatividade.

3) Utilização da radioatividade na sociedade

Os livros que estão nesta categoria, mostram a importância da radioatividade na sociedade, como a radiografia, a radioterapia, que auxiliam os médicos.

Também descrevem a utilização da radioatividade, em outras áreas como a geologia, para a descoberta da idade de fósseis orgânicos, na agricultura e também nas indústrias. Carron; Guimarães, relatam que uma das grandes aplicações das radiações é a utilização do carbono-14 na determinação da idade de objetos orgânicos (Carron; Guimarães, 1999)

Mas ênfase é como a radioatividade, auxilia a área médica e como esta descoberta é importante para as tecnologias na saúde, em tratamentos de doenças, como o câncer, por exemplo.

4) Apontam Marie Curie como criadora do conceito de radioatividade

Muitos autores relatam o descobrimento da radioatividade, mas também defendem que Marie Curie foi quem descreveu este conceito. Alguns autores, citam sua descrição sobre este fenômeno. TORRES; FERRARO; SOARES, afirmam que ela foi a pioneira no estudo da radioatividade, sendo a criadora desse termo (TORRES; FERRARO; SOARES, 2012)

Além desses autores, Gonçalves; Toscano, também a intitulam como criadora do termo, ao escreverem que Marie Curie criou o termo radioatividade, para descrever substâncias que emitiam esse tipo de radiação (Gonçalves; Toscano, 2011).

5) Descreve toda história da descoberta da radioatividade.

Apenas um livro descreve toda a descoberta da radioatividade, desde os estudos dos raios catódicos, descoberta do raio x e o estudo da natureza desses raios e então a descoberta da radioatividade. Considero este como o mais completo, sem dúvidas. O autor inicia com os raios catódicos e a modificação dos experimentos desses raios, que ocasionaram nos raios x, depois relata toda a história da descoberta desses raios e as outras modificações experimentais que outros cientistas produziam para compreender esses raios, até a descoberta da radioatividade.

Enquanto os físicos tentavam descobrir a solução para a natureza dos raios catódicos e do espectro da radiação térmica, duas novas descobertas aumentaram o repertório de questões para as quais a física não tinha respostas, os raios x e a radioatividade. (Gaspar, 2011).

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Abaixo, descrevemos as categorias e os livros presentes em cada categoria, com uma breve justificativa da inclusão nas categorias:

1) Sem descrição sobre radioatividade

MÁXIMO, Antônio; ALVARENGA, Beatriz. **Curso de Física**. Editora Scipione 1ª ed. 2011

OLIVEIRA, Maurício Pietrocola de... [et al]. **Física em contextos: pessoal, social e histórico: eletricidade e eletromagnetismo, ondas eletromagnéticas, radiação e matéria**. Física em contextos: pessoal, social e histórico: eletricidade e eletromagnetismo, ondas eletromagnéticas, radiação e matéria. Editora FTD 1ª ed. 2010.

SAMPAIO, José Luiz; CALÇADA, Caio Sérgio. **Universo da Física, 3: ondulatória, eletromagnetismo, física moderna**. Editora Atual 2ª ed. 2005.

LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da ; ÀLVARES, Beatriz Alvarenga. **Física: volume 3**. Editora Scipione 1ª ed. 2008.

2) Apontam apenas um cientista como descobridor da radioatividade

CARRON, Wilson; GUIMARÃES, Osvaldo. **Coleção base: física**. Editora Moderna 1ª ed. 1999.

A descoberta da radioatividade por Henri Becquerel (1852-1908), em 1896, deu o primeiro passo no desenvolvimento da Física Nuclear, culminado com a produção de elementos radioativos artificialmente. (Carron; Guimarães, 1999).

PENTEADO, Paulo Cesar M; TORRES, Carlos Magno A. **Física-ciência e tecnologia**. Editora Moderna 1ª ed. 2005.

Em 1896, trabalhando com sulfato duplo de urânio, Becquerel descobriu que cristais desse sal emitem “uma espécie de radiação”, que sensibiliza chapas fotográficas mesmo estando estas protegidas da luz. Essa sensibilização é denominada radioatividade. (Penteado; Torres, 2005).

GONÇALVES FILHO, Aurélio ; TOSCANO, Carlos. **Física e realidade: ensino médio - física 3..** Editora Scipione 1ª ed. 2011.

Em 1896, o físico francês Henri Becquerel descobriu a radiação emitida pelo urânio, que diferia bastante dos raios catódicos, pois eram emantados naturalmente do material. (Gonçalves Filho; Toscano, 2011).

TORRES, Carlos Magno A.; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antonio de Toledo. **Física – Ciência e Tecnologia**. Editora Moderna 2ª ed. 2010.

Em 1896, trabalhando com sulfato duplo de urânio, Becquerel descobriu que cristais desse sal emitem “uma espécie de radiação”, que sensibiliza chapas fotográficas mesmo estando estas protegidas da luz. Essa sensibilização é denominada radioatividade. (Torres; Ferraro; Soares,2010).

3) Utilização da radioatividade na sociedade

CARRON, Wilson; GUIMARÃES, Osvaldo. **Coleção base: física**. Editora Moderna 1ª ed. 1999.

A radioterapia é uma aplicação das radiações na medicina. É usada principalmente no tratamento de tumores e se baseia no fato de que normalmente as células normais tem maior poder de recuperação que as células cancerosas. (Carron; Guimarães, 1999).

Uma das grandes aplicações das radiações é a utilização do carbono-14 na determinação da idade de objetos orgânicos. (Carron; Guimarães, 1999).

4) Apontam Marie Curie como criadora do conceito de radioatividade

GONÇALVES FILHO, Aurélio; TOSCANO, Carlos. **Física e realidade: ensino médio - física 3..** Editora Scipione 1ª ed. 2011.

Marie Curie criou o termo “radioativo” para descrever substâncias que emitiam esse tipo de radiação. (Gonçalves Filho; Toscano, 2011).

TORRES, Carlos Magno A.; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antonio de Toledo. **Física – Ciência e Tecnologia**. Editora Moderna 2ª ed. 2010.

Foi a pioneira no estudo da radioatividade, sendo a criadora desse termo. (Torres; Ferraro; Soares,2010).

GASPAR, Alberto. **Compreendendo a Física**: ensino médio. Editora Ática 1ª ed. 2011.

Fenômeno que passou a ser chamado por ela de radioatividade. (Gaspar, 2011).

5) Descreve toda história da descoberta da radioatividade.

GASPAR, Alberto. **Compreendendo a Física**: ensino médio. Editora Ática 1ª ed. 2011.

Na noite da descoberta dos raios-x, o físico Wilhem Röntgen pretendia estudar a luminescência que aparecia em alguns materiais colocados do lado de fora das paredes frontais dos tubos de raios catódicos. (Gaspar, 2011).

Diferentemente dos raios-x, os “raios de Becquerel”, como se chamavam durante algum tempo as emanações de sais de urânio, eram emitidos espontaneamente. (Gaspar, 2011).

Os raios de Becquerel não, as radiações eram emitidas espontaneamente e sem nenhuma fonte de energia aparente e, mais incompreensível ainda, essa energia parecia não ter fim! (Gaspar, 2011).

CONCLUSÃO

Com isso, concluí que os livros didáticos que estão nas escolas, trazem conceitos errôneos, defasados e que muitas vezes os autores desses livros não apresentam alguns conteúdos que são importantes para os alunos compreenderem, não só o conteúdo, mas a utilização de alguns materiais no dia-a-dia, fazendo com que o aluno acredite que muitos conceitos são complexos ou criam uma polêmica referente a alguns temas.

A radiação deveria ser abordada por esses autores em suas obras, para que os alunos possam perceber que muitos conceitos da Física podem ser explicado de uma forma mais simples e melhor compreendido, a partir da análise da história de sua descoberta. Como a radioatividade, que deveria ser abordada desde os raios catódicos, os raios x e a radioatividade.

A maioria dos livros analisados, não descreviam a história da radioatividade, apenas relatavam seu descobridor, mas o que necessitamos é compreender como ocorreu esta descoberta e o que estava sendo estudado, para que a radioatividade fosse descoberta.

Assim os livros analisados não contemplam a história da radioatividade, apenas descrevem sua descoberta sem sequer relatar o porquê de estar pesquisando a relação dos raios x com a luz e a fluorescência, o que faz desse conceito complexo e difícil para os alunos.

REFERÊNCIAS

- CARRON, Wilson; GUIMARÃES, Osvaldo. **Coleção base: física**. Editora Moderna 1ª ed. 1999. 264 p.
- GASPAR, Alberto. **Compreendendo a Física**: ensino médio. Editora Ática 1ª ed. 2011. 416 p. v. 3.
- GONÇALVES FILHO, Aurelio ; TOSCANO, Carlos. **Física e realidade**: ensino médio - física 3.. Editora Scipione 1ª ed. 2011. 200 p.
- LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da ; ÀLVARES, Beatriz Alvarenga. **Física**: volume 3. Editora Scipione 1ª ed. 2008. 415 p. v. 3.
- MARTINS, Roberto de A. Como Becquerel não descobriu a radioatividade. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 7, n. Especial, jun. 1990. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/10061/14903>>;
- MÁXIMO, Antônio; ALVARENGA, Beatriz. **Curso de Física**. Editora Scipione 1ª ed. 2011. 395 p. v. 3.
- OKUNO, Emico; YOSHIMURA, Elisabeth M. **Física das radiações**. – Oficina dos textos. São Paulo, 2010. 296 p.
- OLIVEIRA, Maurício Pietrocola de... [et al]. **Física em contextos**: pessoal, social e histórico: eletricidade e eletromagnetismo, ondas eletromagnéticas, radiação e matéria. Editora FTD 1ª ed. 2010. 528 p. v. 3.
- PENTEADO, Paulo Cesar M.; TORRES, Carlos Magno A. **Física – ciência e tecnologia**. Editora Moderna 1ª ed. 2005. 262 p. v. 3.
- SAMPAIO, José Luiz; CALÇADA, Caio Sérgio. **Universo da Física**, 3: ondulatória, eletromagnetismo, física moderna. Editora Atual 2ª ed. 2005. 500 p.
- TORRES, Carlos Magno A.; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antonio de Toledo. **Física – Ciência e Tecnologia**. Editora Moderna 2ª ed. 2010. 360 p. v. 3.