

FÍSICA NUCLEAR NO ENSINO MÉDIO: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM ENFOQUE CTS

Danilo Almeida Souza(1) e Catharina Varandas Alves Cunha(2)

RESUMO

Muitas são as ações direcionadas a propor um ensino de física contextualizado que dialogue com os interesses do público escolar; a abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) incorporada a alguns currículos entre as décadas de 60 e 70 traz características nesse sentido ao propor um ensino que vislumbre a ciência como algo acessível ao grande público, possibilitando-os a opinar e emitir juízo de valor acerca de questões ligados a ciência e tecnologia que influencia diretamente na estrutura da sociedade. Este artigo aponta um caminho de contextualização do ensino de física através da abordagem CTS, condensados numa sequência didática organizada em II etapas para o tratamento do tema Física Nuclear. A sequência foi construída a partir dos princípios norteadores que definem um currículo CTS, agregando em termos de conteúdo na sua Etapa I, discussões introdutórias sobre matrizes energéticas - energia nuclear no Brasil e no mundo seguido da sistematização do conteúdo através de aula expositiva dialogada (onde o professor/ mediador explicará desde os processos físicos envolvidos na produção de energia nuclear até as diferenças entre as usinas nucleares e riscos de acidentes). Para etapa II, o foco está em proporcionar um momento de reflexão coletiva através de um paralelo entre usinas hidrelétricas e nucleares, tendo como meta contribuir na construção de caminhos devidamente fundamentados para tomada de decisão acerca de uma dessas opções no contexto nacional. A proposta de aula, condensada neste artigo, contribui na disponibilização de material didático do tema de Física Nuclear para docentes da educação básica, bem como apresenta-se como de fundamental importância na formação do aluno-cidadão que seja capaz de opinar e emitir juízo de valor sobre questões do seu cotidiano alinhado a temas sobre ciência e tecnologia; tal ação agrega significado ao ensino da física extrapolando a memorização de equações e solução de problemas como comumente é disseminado em muitas escolas do Brasil.

Palavras-chave: Ensino de Física, Física Nuclear, CTS, Contextualização, Tomada de Decisão.

-
- (1) Professor EBTT/ IFBA, Campus Ilhéus, Doutorando em Ensino, Filosofia e História das Ciências, PPGEFHC – UFBA/UEFS, daniлоfísico@gmail.com/ danilos@ifba.edu.br
 - (2) Bolsista de Iniciação Científica – IC/ IFBA (2016-2018), Curso Técnico em andamento em Segurança do Trabalho – IFBA/ Ilhéus, varandasacc@gmail.com

Os autores agradecem à PRPGI/ IFBA pela concessão da bolsa de Iniciação Científica aos participantes do minicurso, em que essa sequência didática foi abordada em caráter preliminar e ao suporte do Campus Ilhéus na realização do minicurso e etapas de execução do projeto de Iniciação Científica intitulado: *Ensino-Aprendizagem em Física Nuclear mediado pelo uso de Simulações Computacionais*.

INTRODUÇÃO

Em se tratando do Ensino de Física, muitas são as investidas de modo a retirar a visão estigmatizada da Física como um campo de conhecimento de acesso a poucos e de difícil aprendizado. No âmbito da pesquisa em Educação em Ciências, algumas perspectivas de ensino têm contribuindo fortemente para uma educação contextualizada que dialogue com os interesses do seu público e intervenham na sua realidade, mantendo ainda a abordagem de conceitos próprios de cada área do conhecimento. Uma das vertentes que vem ganhando grandes adeptos está no desenvolvimento de temas a partir da abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). Esse movimento surge entre as décadas de 60 e 70, num contexto onde o cientificismo era predominante e a ciência era vista como algo neutro e com pouco diálogo com processos sociais em que estava imersa.

Como discutido por Santos e Mortimer (2002), no trabalho do Krasilchik (1987) ao tratar a evolução da inovação educacional dos currículos de ciências no Brasil no período de 1950 a 1985, este autor assinala que, na década de setenta, os mesmos começaram a incorporar uma visão de ciência como produto do contexto econômico, político e social. Já na década de oitenta, a renovação do ensino de ciências passou a se orientar pelo objetivo de analisar as implicações sociais do desenvolvimento científico e tecnológico, mostrando assim uma clara tendência de incorporação do CTS ao currículo de ciências. Na Física esses esforços foram fortemente sentidos com a publicação dos livros de física básica elaborados pelo Grupo de Reelaboração do Ensino de Física, GREF da Universidade de São Paulo na década de 90, que rompiam com o modelo e estrutura curricular do Ensino de Física proposto na maior parte dos livros didáticos da época.

Em termos de currículo se pensa no CTS como uma proposta que deve partir de uma concepção ampla de sociedade, tomando sua abordagem a partir de temas por vezes controversos, que impliquem em soluções de problemas e tomada de decisões. Roberts (1991) refere-se às ênfases curriculares “Ciência no contexto social” e “CTS” como

“aquelas que tratam das inter-relações entre explicação científica, planejamento tecnológico e solução de problemas, e tomada de decisão sobre temas práticos de importância social. Tais currículos apresentam uma concepção de: (i) ciência como atividade humana que tenta controlar o ambiente e a nós mesmos, e que é intimamente relacionada à tecnologia e às questões sociais; (ii) sociedade que busca desenvolver, no público em geral e também nos cientistas, uma visão operacional sofisticada de como são tomadas decisões sobre problemas sociais relacionados à ciência e tecnologia; (iii) aluno como alguém que seja preparado para tomar decisões inteligentes e que compreenda a base científica da tecnologia e a base prática

das decisões; e (iv) professor como aquele que desenvolve o conhecimento de e o comprometimento com as inter-relações complexas entre ciência, tecnologia e decisões”. (apud SANTOS; MORTIMER, 2002, p. 112)

Isso tudo naturalmente reflete num currículo que traz como seu diferencial: “empoderar os alunos para pensar os problemas sociais e estarem ativos num processo de tomada de decisões de temas que envolvem ciência e tecnologia por muito tempo encarado como conhecimentos próprios de apenas uma classe da sociedade, em geral cientistas designados para tal fim”. (SANTOS; MORTIMER, 2001)

Neste artigo descrevemos a estrutura de uma sequência didática construída para alunos de ensino médio no tratamento do tema Física Nuclear na abordagem CTS, com ênfase no processo de tomada de decisão. O resultado aqui descrito é motivado a partir do desenvolvimento do projeto de iniciação científica que versava sobre o Ensino de Física Nuclear a partir da utilização de recursos computacionais, sendo que o uso das simulações computacionais é sugerido em uma das etapas da sequência didática.

Para escolha do tema para construção da sequência didática partimos de dois pressupostos: i) entendemos que trazer a Física Nuclear é uma forma de incentivar a inserção da Física Moderna e Contemporânea na educação básica, que apesar de já prevista em documentos oficiais do governo desde o final da década de 90, não é praticada em grande parte dos espaços educacionais; ii) discutir Física Nuclear por ser um tema controverso, nos oferece um leque de opções de abordar o conteúdo de forma contextualizada, possibilitando uma análise macro a partir do ponto de vista, político, social e econômico, sendo um potencial tema no contexto do CTS. Souza e Dantas (2010, p. 138) compartilham de visão semelhante quando enfatizam que “a física nuclear tem papel de destaque no cenário científico atual, e até mesmo na política econômica internacional no que concerne ao enriquecimento de urânio para fins militares ou produção de energia elétrica, o que a torna um assunto relevante do ponto de vista educacional”.

A proposta de aula parte de apresentar uma alternativa na abordagem do tema de forma reflexiva, com objetivo de prover os estudantes de conhecimentos que lhe capacitem a olhar a Física Nuclear em múltiplas perspectivas em contraste ao estigma negativo agregado a questão em função de acontecimentos históricos que mostraram o poder destrutivo da radiação e das reações ocorridas no núcleo atômico, a exemplo do episódio da bomba atômica na 2ª Guerra Mundial, o acidente na usina de Chernobyl, na Ucrânia, e o do Césio 137, em Goiânia- Brasil.

Em termos estruturais, a sequência didática contempla discussões introdutórias sobre matrizes energéticas, energia nuclear no Brasil e no mundo vislumbrando aspectos políticos, sociais e econômicos, tendo como aporte leitura de matérias informativas retiradas de periódicos e sites, seguidos da sistematização do conteúdo através de aula expositiva dialogada (onde o professor/ mediador explicará desde os processos físicos envolvidos no átomo e núcleo até as diferenças entre as usinas nucleares e riscos de acidentes) e por fim, proporcionando um momento de reflexão e discussão coletiva através de questões geradoras, onde podemos contribuir na construção de caminhos devidamente fundamentados para tomada de decisão, como preconiza um dos objetivos da abordagem CTS.

METODOLOGIA

Este artigo de caráter descritivo-discursivo, se propõe a apresentar a construção de uma sequência didática e explorar sua potencialidade a partir da perspectiva CTS tendo como tema central o ensino de Física Nuclear. Dessa forma, além de apresentar um instrumento de utilização em sala de aula, provocamos uma reflexão sobre quais temas estamos levando para o currículo de ciências e até que ponto estes conteúdos têm atendido as necessidades dos nossos alunos, sobretudo em provê-los de conhecimentos que os possibilite atuarem em intervenções sociais de forma qualificada.

Uma versão preliminar dessa sequência didática, foi adaptada para forma de minicurso com o título: “Introdução da Física Nuclear” com carga horária de 6 horas, e aplicada a estudantes voluntariamente inscritos de modo que pudéssemos refinar a versão aqui apresenta. No decorrer do processo, foi observado o interesse dos alunos em querer compreender a temática proposta. Por meio de questionário aplicado (avaliação diagnóstica), se constatou que os participantes tinham pouco conhecimento formal sobre Física Nuclear, embora fosse um tema que suscitava curiosidade e uma série de ideias e conceitos estabelecidos. A proposta de uma aula mais dialogada foi um ponto que agradou ao público presente, que se sentiu livre para emitir opiniões sobre conceitos prévios que já traziam consigo. Embora não utilizado como fonte de dados para pesquisa, sentir a aplicação da proposta num ambiente real nos ofereceu bons indicativos de eficácia, e proposições de mudanças e refinamento em aspectos de abordagem.

Embora pensado inicialmente como uma opção de utilização para professores de ciências ou mesmo para reflexão de suas práticas em espaços de educação formais, a construção dessa proposta de aula feita a partir do CTS, que se opunha ao fato que a ciência

fosse privilégio de apenas uma classe restrita e tendo estes conhecimentos técnicos sobre, apenas eles estariam capacitados para debater questões ligadas à ciência e tecnologia, estende-se a possibilidade de refletir sobre como esse tema como ser aplicado a espaços não formais de educação, pensado a partir de um processo de alfabetização científica mais amplo.

Apesar da restrição quanto ao conteúdo, este trabalho aponta possibilidades outras que podem ser utilizadas para conteúdos diversos da área de ciências. Pontua-se aqui que a perspectiva CTS exerce um papel de destaque para contextualização no Ensino de Física que por muito tempo carrega o estigma de um ensino mecanizado, baseado na memorização e pouco dialógico.

A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A proposta da sequência didática tem sua estrutura pensada para estudantes do ensino médio, em duas etapas, de modo a ser aplicada no último ano do curso, ou em outro período feito as adaptações necessárias. Essas etapas são discriminadas na nossa proposta como Etapas I e Etapas II de modo que o mediador possa julgar em função da profundidade de discussão pretendida e ênfase dada no seu planejamento de aula, qual tempo cronológico pretende dedicar a cada uma dessas etapas. Sugerimos que para uma abordagem rica na última fase de formação do estudante da educação básica (terceiro ou quarto ano do ensino médio), cada etapa seja feita no mínimo em dois encontros/ momentos de uma hora e meia cada.

Como pressuposto teórico-metodológico, optamos por fundamentar a construção da sequência didática por caminhos que dessem conta de abordar o processo de tomada de decisão para ação social responsável como discutido no trabalho de Santos e Mortimer (2001). Queríamos trazer um conteúdo da disciplina Física, que colocasse o estudante a pensar em como a discussão de temas ligados a ciência e tecnologia dialogava com sua realidade e seu papel frente a todo contexto. Isso sem dúvida daria uma grande contribuição para o desenvolvimento da autonomia, definição de princípios e valores necessários na formação plena do sujeito.

De forma sintética prevemos no momento inicial da Etapa I a problematização, buscando-se coletar informações sobre o que os estudantes conhecem sobre o conteúdo Física Nuclear. Aqui deve-se valorizar a contextualização do tema, com situações próximas ao estudante, e discussões recentes em sua comunidade. Neste instante, o mediador deve perceber a visão dos alunos sobre o uso do núcleo atômico para produção de energia, se

avaliam como algo positivo ou negativo, as vantagens ou desvantagens, os medos com relação às usinas nucleares e os conceitos prévios trazidos sobre temas correlatos. Esse primeiro momento serve de base para sistematização do conteúdo que traz a Física envolvida no núcleo atômico, sua estrutura, o processo de evolução dos modelos nucleares e as variáveis envolvidas na geração de energia que deve finalizar a Etapa I, trazida na sequência didática.

Na Etapa II, sugerida fazer em dois momentos, espera-se que os alunos já tenham entendimento dos conceitos principais da Física de modo que se caminha para um momento de tomada de decisão a respeito da construção de usinas nucleares no Brasil. Aqui se retoma uma apresentação sobre matrizes energéticas, apresentando o panorama do Brasil e do mundo de maneira sistematizada, fomentadas por questões coletadas na Etapa I. Sugerimos um debate e painel comparativo entre usinas nucleares e hidrelétricas apresentando dados como vantagens/desvantagens, potencial de produção de energia, custo, etc.; esse momento é conduzido com base no processo de tomada de decisão apresentado por Zoller (1993).

A finalização da Etapa II, em momento próprio, contempla um debate entre os estudantes, cabendo ao professor/ mediador integrar as justificativas apresentadas com os conceitos físicos e com elementos que sinalizem uma ação social responsável amadurecida durante o desenvolvimento da sequência didática.

Detalhamento da sequência didática

Em termos gerais, a sequência didática traz como objetivo apresentar o que é energia nuclear, fissão nuclear, reação em cadeia, como funciona uma usina nuclear, seus pontos positivos e negativos e levar os participantes a uma reflexão sobre as instalações desse tipo de usina no Brasil e a extração de urânio. Essa reflexão se dá por meio da tomada de decisão com uma abordagem de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), vislumbrando envolver o estudante em todas as etapas do processo. Os encontros contam com aulas expositivas (recomenda-se o uso do projetor, tendo em vista a utilização de imagens), matérias de periódicos e sites afins com o tema, uma etapa com uso da simulação computacional, exercícios de debate e explanação dos conteúdos apresentados e questionário. A discriminação das duas etapas é apresentada a seguir:

A) Etapa I

A Etapa I, traz como objetivo problematizar o conteúdo, através de uma contextualização do tema, que pode ser motivado por reportagens de periódicos ou programas

televisivos, sempre reportando a algo atual, ou que tenha tido relação em algum momento com a comunidade onde a proposta de aula está sendo aplicada. Quanto aos conhecimentos técnicos-científicos em Física, buscamos explicar o que é Física Nuclear, energia nuclear (utilização, fissão, reação em cadeia), como funciona uma usina nuclear, diferenças entre as usinas brasileiras e a de Chernobyl, ou outros relevantes. O professor/ mediador deve perceber no primeiro momento da Etapa I, qual a visão dos estudantes tomando algumas questões norteadores: O que avaliam como Física Nuclear? Veem a energia nuclear como algo positivo ou negativo? Esse tipo de energia possui mais vantagens ou desvantagens? Quais seus medos com relação às usinas nucleares? O que eles já ouviram falar sobre esse tema? Conseguem contextualizar a conteúdos de ordem geral ou limitam-se na abordagem física do processo? Sugere-se o focar mais em questionamentos, do que apresentar conceitos fechados; se o professor/ mediador decidir por dividir a etapa I em dois momentos, isso servirá de incentivo inclusive para que ocorra uma pesquisa prévia por parte dos alunos sobre o tema para o momento posterior.

Concluída a discussão é hora de cumprir com os objetivos propostos para a Etapa I, sistematizar o conteúdo trazendo a abordagem dos conceitos físicos envolvidos no processo. Assim, traz-se uma exposição sobre modelos atômicos e nucleares do ponto de vista histórico e conceitual, os elementos constituintes do átomo, os tipos de reações envolvidas, o funcionamento de usinas e a possibilidade do uso dessa forma de energia. Como forma de enriquecer o processo, sugerimos o uso da simulação computacional “Fissão Nuclear” do PhET¹, onde deve aparecer questionamentos sobre elementos químicos radioativos ou não, e a diferença entre o urânio natural e enriquecido, U-235 e o U-238.

B) Etapa II

Na etapa II, partindo do pressuposto que os alunos já entenderam os conceitos principais, ou que já estão familiarizados com os termos próprios da área, contextualizamos o tema vislumbrando um momento de tomada de decisão a respeito da construção de usinas nucleares no Brasil. Sendo assim, após uma retomada aos temas discutidos na etapa I, em forma de síntese, apresentamos a temática de matrizes energéticas brasileiras e produção de energia elétrica em larga escala, dando ênfase as hidrelétricas e usinas nucleares. O modelo da

¹ O “PhET”, sigla em inglês para “Tecnologia Educacional em Física”, trata-se de um projeto da Universidade do Colorado, com o intuito de produzir simulações computacionais para o ensino de física e tem se mantido com um dos maiores acervos de simulações na internet para fins didáticos da área; contemplando hoje em seu banco de dados disciplinas como química, biologia, matemática dentre outras.

sequência de passos para a tomada de decisão está apresentado no artigo do Santos e Mortimer (2001), e apresentado originalmente pelo Zoller (1993).

No primeiro momento da Etapa II o mediador deve fazer perguntas aos alunos a fim de saber se os conceitos da etapa anterior foram fixados (este momento não tem pretensão de ser demorado, mas é importante de modo a familiarizar com o tema); pode-se instigá-los com perguntas como: mudariam as respostas dadas no primeiro momento? Por quê? O que responderiam então? Os conceitos abordados estavam de acordo com a visão que já tinham? Como enxergaram o átomo e o núcleo atômico? A visão sobre a equação massa-energia disseminada na maioria dos meios de comunicação ainda é a mesma? Em seguida, dar-se continuidade com a apresentação sobre as matrizes energéticas brasileiras, com foco nas usinas hidrelétricas e nucleares (fazendo um paralelo ao cenário mundial e fomentando questões políticas, sociais e econômicas que fazem um país optar por um modelo ou outro para sua principal fonte de energia).

Para construir o momento de tomada de decisão partindo da questão "Usinas nucleares ou usinas hidrelétricas?" nos baseamos no trabalho do Zoller (1993). Para esta etapa é proposto que os alunos:

1. Façam a identificação dos assuntos;
2. Separem usinas hidrelétricas e nucleares;
3. Analisem cada tipo de usina, levando em considerações questionamentos como os problemas ambientais que estas podem gerar desde sua construção até a utilização, custo, manutenção, potencial energético, etc.
4. Façam uma comparação entre elas para desenvolver uma escolha racional e responsável;
5. Tomada de decisão.

É sugerido que esse momento de tomada de decisão comece a ser construído presencialmente no espaço escolar, mas seja possibilitado um momento de pesquisa e amadurecimento no pós-aula. Dessa forma, a etapa II desenvolvida em dois momentos traz uma vantagem já que contempla a maturação do conteúdo. O segundo momento deve possibilitar o fechamento do trabalho a partir de uma roda de conversa ampliada, onde cada estudante terá o espaço necessário para compartilhar suas pesquisas e experiência, nessa busca de respostas. Não defendemos a escolha de apenas uma das formas de geração de energia para grupos de alunos, tendo em vista que para uma toma de decisão responsável deve-se garantir uma leitura ampliada nas diferentes perspectivas. A concentração de decisões em determinadas linhas (hidrelétrica ou nuclear) não prejudica o debate, já que caberá o

professor/ mediador fazer a interlocução de modo a incentivar o pensamento reflexivo a partir de uma opção que não foi a escolhida pelo estudante.

Um apêndice está incluído ao final deste artigo, trazendo sugestões de referências para execução da sequência didática. Naturalmente a contextualização com o local onde a sequência didática for aplicada pode requerer leitura de periódicos da região, ou atualização de notícias à época.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta de aula apresentada aqui na forma de uma sequência didática foi pensada levando em conta a contextualização no Ensino de Ciências/ Física, incorporando os objetivos centrais do movimento CTS para o currículo como está posto em Santos e Mortimer (2001) “capacitar os alunos para a tomada de decisão e para uma ação social responsável”. Entendemos que esta sequência didática é de grande importância para a formação de um aluno-cidadão capaz de opinar e emitir juízo de valor sobre questões do seu cotidiano alinhado a temas sobre ciência e tecnologia. Noutro ponto, funciona como motivação para que docentes possam perceber alternativas no tratamento de temas controversos, como é o caso da Física Nuclear/ Energia, sem abandonar o tratamento de conteúdos específicos da disciplina de Física.

A estrutura apresentada está longe de ser algo fechado, mas aponta caminhos para a construção de um ensino contextualizado cumprindo o papel de disponibilizar mais um material que pode contribuir no fazer docente, mas principalmente ajuda a refletir sobre quais conteúdos estamos levando para nossas salas de aula, ou mesmo as abordagens que estamos adotando para o tratamento desses.

Entendemos que motivar um ensino a partir da abordagem CTS mais do que prover o estudante de conteúdo, o ajuda a refletir sobre o papel da ciência dentro da sociedade, vislumbrando como essa, alinhada a tecnologia se relacionaram dentro de todo nosso processo histórico. É trazer uma reflexão de como o ensino de ciências ajuda a refletir sobre diferentes aspectos da sociedade e a importância da apropriação desse conhecimento para discussão qualificada sobre os mais variados temas.

Por fim, ratificamos que perspectivas de ensino, como o CTS agregam esforços em desmistificar a Física como uma ciência acessível a um grupo restrito, bem como de baixo interesse por grande parte dos jovens em idade escolar. Alinhar conteúdo específico, e tratá-los a partir de uma discussão construída coletivamente, como é abordado neste trabalho, é uma forma de significar a importância da Física ao grande público, bem como demarcá-la

como um importante propulsor na discussão de temas que influenciam de forma direta nosso modo de viver e ver o mundo.

REFERÊNCIAS

KRASILCHIK, M. **O professor e o currículo das ciências**. São Paulo: EDUSP, 1987.

ROBERTS, D. A. What counts as science education? In: FENSHAM, P., J. (Ed.). **Development and dilemmas in science education**. Barcombe: The Falmer Press, 1991. p.27-55.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; MORTIMER, Eduardo Fleury. Tomada de decisão para ação social responsável no ensino de ciências. **Ciência & Educação**, v.7, n.1, p.95-111, 2001.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; MORTIMER, Eduardo Fleury. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia– Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ciência & Educação**, v.2, n.2, p.110-132, 2002.

SOUZA, Marcos Antonio Matos; DANTAS, J. D.. Fenomenologia nuclear: uma proposta conceitual para o ensino médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 27, n.1, p.136-158, jan.2010. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2010v27n1p136>>. Acesso em: 03 jul. 2018.

ZOLLER, U. Expanding the meaning of STS and the movement across the globe. In: YAGER, R. E. (Ed.). **The science, technology, society movement**. Washington, DC: National Science Teachers Association, 1993. p.125-134.

APÊNDICE - SUGESTÕES DE REFERÊNCIAS PARA EXECUÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Simulação computacional:

https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/nuclear-fission;

Reportagem/ Urânio em Caetité:

<http://www.ebc.com.br/noticias/2015/06/producao-de-uranio-da-mina-de-caetite-na-bahia-sera-retomada-em-2016>;

http://www.mcti.gov.br/noticia/-/asset_publisher/epbV0pr6eIS0/content/retomada-da-producao-de-uranio-em-caetite-e-prioridade-diz-presidente-da-inb;

Reportagem/ Usinas no Brasil:

<http://epoca.globo.com/colunas-e-blogs/blog-do-planeta/noticia/2013/10/usinas-nucleares-de-angra-sao-bsegurasb.html>;

Bibliografia Básica:

- OKUNO, Emico. CALDAS, Iberê Luiz. CHOW, Cecil. **Física para Ciências Biológicas e Biomédicas**. São Paulo: Harpar e Row do Brasil, 1982.
- PENTEADO, Paulo Cesar M. TORRES, Carlos Magno A. **Física – ciência e tecnologia**. São Paulo: Moderna, 2005. V. 3.
- SILVA, Cláudio Xavier da. **Física Aula por Aula**. São Paulo: FTD, 2010. V. 3.
- TAUATA, Luiz. et al. **Radioproteção e Dosimetria: Fundamentos**. Rio de Janeiro: IRD/CNEN.2002. 239p.
- OKUNO, Emico. YOSHIMURA, Elisabeth Mateus. **Física das Radiações**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.