



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

Instituto de Física

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física

Mestrado Profissional em Ensino de Física

**FÍSICA DAS RADIAÇÕES: UM ENFOQUE CTS PARA ALUNOS DO ENSINO MÉDIO
DA ÁREA INDUSTRIAL**

Manual do professor

Suelen Pestana Cardoso

Manual do professor associado à dissertação de mestrado de Suelen Pestana Cardoso, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro

Orientadoras:

Dra. Deise Miranda Vianna

Dra. Simone Coutinho Cardoso

Rio de Janeiro

Abril de 2017.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1–Questionário sobre conceitos básicos envolvendo radiação.....	11
Figura 2-Imagem do modelo de contador Geiger utilizado durante a atividade aplicada.	12
Figura 3- Indicadores de Alfabetização Científica.	14
Figura 4-Vídeo “Salvador, o hipocondríaco”	15
Figura 5-Manipulação dos materiais durante a atividade.....	16
Figura 6-Esboço do gráfico produzido pelos alunos.....	17
Figura 7-Questão 84 do ENEM 2012 da prova BRANCA.	19
Figura 8- Questão 10 do ENEM 2009 da prova cancelada.	20
Figura 9-Questão 24 do 1º Exame de Qualificação do vestibular da Uerj do ano de 2012.	21
Figura 10- Canetas analisadas pelos alunos.....	24
Figura 11-Charge sobre uma prática realizada pelo mercado de vendas envolvendo o uso da certificação ISO 9001.	26
Figura 12- Texto sobre fontes radioativas, retirado da Revista Brasil Nuclear (ano 9, nº 25, Jun-Ago/2002.	27
Figura 13 –Representação esquemática de um ensaio não-destrutivo utilizando uma fonte radioativa.....	31
Figura 14-Esquema do equipamento utilizado em um teste de gamagrafia industrial. ..	32
Figura 15-Equipamento utilizado em um teste de gamagrafia industrial.	32
Figura 16-Modelo de negatoscópio utilizado para análise do filme radiográfico produzido.....	35
Figura 17 -Seção de uma solda contendo poro e uma trinca longitudinal.....	36
Figura 18-Livro Vozes de Tchernóbil:a história oral do desastre nuclear.....	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –Quadro resumo das atividades propostas divididas em 4 blocos	6
Tabela 2-Percentuais de opções marcadas pelos alunos para a questão analisada.	19
Tabela 3-Percentuais de opções marcadas pelos alunos para a questão analisada.	20
Tabela 4- Percentuais de opções marcadas pelos alunos para a questão analisada. ...	21
Tabela 5-Características das fontes radioativas mais utilizadas na indústria.....	30

SÚMARIO

1	INTRODUÇÃO	5
2	DINÂMICA DA APLICAÇÃO	7
2.1	ATIVIDADE 1	7
2.2	ATIVIDADE 2	8
2.3	ATIVIDADE 3	9
2.4	ATIVIDADE 4	10
2.5	ATIVIDADE 5	11
2.6	ATIVIDADE 6	14
2.7	ATIVIDADE 7	18
2.8	ATIVIDADE 8	22
2.9	ATIVIDADE 9	22
2.10	ATIVIDADE 10	26
2.11	ATIVIDADE 11	36
2.12	ATIVIDADE 12	40
2.13	VISITAS TÉCNICAS	41
2.14	DANDO VOZ AO ALUNO	45
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46

1 INTRODUÇÃO

Este manual é dirigido aos professores que objetivam elaborar novas estratégias para o ensino de Física, especificamente para aqueles que desejam construir uma nova abordagem para o tema Física das Radiações.

Para fins de fundamentação teórica, utilizamos os seguintes referenciais: alfabetização científica, enfoque CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) e ensino por investigação. O capítulo 2 da dissertação, a qual este guia está associado, trata dos referenciais teóricos que nortearam a elaboração desta proposta didática.

Neste trabalho, serão apresentadas as atividades aplicadas no Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow, na unidade descentralizada de Itaguaí, numa turma de segundo ano do curso técnico integrado de Mecânica Industrial.

As atividades foram realizadas, no ano de 2016, no horário regular das aulas de Física, ao longo de 8 encontros, com duração média de duas horas e trinta minutos, sendo que dois destes encontros foram utilizados para a realização de duas visitas técnicas. Devido à organização curricular da turma e por questões de horário da sala disponível, houve dificuldade para agendar no contra turno as atividades.

A turma era composta por 40 alunos e, para as atividades em grupo, foi dividida em 5 grupos de oito alunos, nomeados como grupo 1,2,3,4 e 5, respectivamente.

A escolha desta turma do curso técnico integrado em Mecânica Industrial se justifica pelo aumento do número de empresas que utilizam radiação em seu processo produtivo, conforme levantamento realizado junto à Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) em 2015 e ao fato deste centro educacional estar localizado na região do Distrito Industrial de Itaguaí.

O quadro a seguir resume as atividades propostas para a abordagem do tema Física das Radiações para a turma descrita:

BLOCO	ATIVIDADES PROPOSTAS
I	Exibição de documentário e realização de uma mesa redonda sobre o Acidente Radiológico de Goiânia;
II	Atividades investigativas acerca do tema Física das Radiações;
III	Realização de visitas técnicas;
IV	Aulas expositivas sobre aplicações industriais da radiação gama

Tabela 1 –Quadro resumo das atividades propostas divididas em 4 blocos

Todas as atividades propostas foram pensadas considerando as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade e buscando promover a formação de cidadãos críticos capazes de tomar decisões responsáveis em seu dia-a-dia. Acreditamos que este objetivo dificilmente seria alcançado por meio de um ensino baseado na memorização e na resolução de problemas numéricos.

Esperamos que com este trabalho o professor possa desenvolver as suas próprias atividades, inspirados no que mostramos e explicamos aqui.

2 DINÂMICA DA APLICAÇÃO

A construção do cronograma de atividades foi fortemente influenciada por fatores como: calendário da escola, o número de alunos da turma, disponibilidade de horário dos demais docentes que participaram do projeto e a oferta de dias e horários disponibilizados pelas empresas para as visitas técnicas.

Para cada atividade detalhada a seguir serão explicitados a sua duração e materiais utilizados. A divulgação da duração da atividade tem como objetivo permitir que o professor faça uma previsão para a sua turma tendo como base um grupo de quarenta alunos, porém sabe-se que o perfil dos alunos também deverá influenciar nesta estimativa.

2.1 ATIVIDADE 1

A atividade 1 compreende a exibição do documentário “O Pesadelo é Azul”, uma produção brasileira de 2008, dirigida por Ângelo Lima, disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=bBydk9-Sg5s>.

O objetivo geral desta atividade é promover a divulgação entre os alunos de como ocorreu o Acidente Radiológico de Goiânia de 1987, bem como de suas consequências imediatas. A realização destas ações foi motivada pela constatação de que poucos são os alunos envolvidos na pesquisa, nascidos em média após o ano de 1999, que já ouviram ou leram alguma notícia sobre este que é considerado um dos maiores acidentes radiológicos urbanos do mundo.

Durante a exibição do documentário foram utilizados gravadores de áudio que estavam espalhados entre os alunos com o objetivo de gravar as falas e possíveis reações dos alunos durante a realização da atividade.

A duração da atividade foi de trinta minutos e foram utilizados os seguintes equipamentos: computador, datashow, caixas de som ligadas ao computador e cinco gravadores de áudio. Uma outra opção é utilizar um aparelho de celular.

Para uma melhor compreensão das circunstâncias envolvidas no Acidente Radiológico de Goiânia de 1987, sugerimos assistir aos vídeos disponíveis no site <http://memoriaglobo.globo.com/programas/jornalismo/coberturas/acidente-radioativo-em-goiania-cesio-137/acidente-radioativo-em-goiania-cesio-137-videos.htm>.

Outra sugestão seria a exibição para os alunos do filme “Césio 137-O Pesadelo de Goiânia”, disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=VFj9RqaKISo>. Trata-se de uma produção de 1990, escrita e dirigida por Roberto Pires, cujo roteiro foi baseado nos depoimentos das vítimas do acidente.

2.2 ATIVIDADE 2

A segunda atividade configura-se como uma mesa redonda, na qual sugere-se a participação de professores das disciplinas Biologia, Química e Sociologia, afim de promover a discussão dos aspectos sociais, ambientais, políticos e econômicos relativos ao acidente radiológico de Goiânia de 1987. A realização desta mesa redonda tem como objetivo permitir que cada professor participante apresente uma análise do acidente segundo aspectos de sua disciplina, o que se justifica pela necessidade de considerar diferentes elementos para que seja possível compreender o todo.

Durante a realização da mesa redonda, cuja duração foi de sessenta minutos é indicada a utilização de gravadores de áudio que devem estar espalhados entre os alunos e os professores com o objetivo de gravar as falas e possíveis reações durante a realização da atividade.

A inclusão de professores de outras disciplinas na realização da mesa redonda certamente permitirá o enriquecimento da atividade, uma vez que outros aspectos

envolvidos poderão ser melhor discutidos, promovendo um maior esclarecimento acerca do problema relatado durante a discussão.

2.3 ATIVIDADE 3

Nesta atividade, a turma deve ser dividida em grupos e cada um deve ser orientado a promover entre os seus integrantes uma discussão sobre o acidente e suas consequências. Ao fim do debate, cada equipe deve elaborar uma pergunta de seu interesse sobre o acidente e entregar a seu professor.

O objetivo desta atividade é fazer um levantamento de possíveis questões de interesse dos alunos acerca do acidente que podem não ter sido, por algum motivo, esclarecidas ao longo do debate anterior, sugerido na atividade 2.

Cada grupo deverá receber a resposta a sua questão, elaborada pelo professor ou por alguém de sua escolha. Sugere-se, no momento da entrega destas respostas aos grupos, a realização de uma leitura, para toda a turma, das questões e de suas respectivas respostas. O objetivo desta ação é promover o compartilhamento das dúvidas dos grupos para toda a turma e também do esclarecimento pertinente para cada uma das questões levantadas.

No caso específico da atividade aplicada, as questões elaboradas pelos alunos foram levadas ao professor Odair Dias Gonçalves, lotado no Instituto de Física da UFRJ e ao professor Luiz Pinguelli Rosa, lotado na COPPE-UFRJ. Ambos concordaram em participar de uma atividade de entrevista baseada nessas questões. A escolha por eles justifica-se por serem profissionais formados em Física, cujas ações deram contribuições importantes para as medidas que foram tomadas após a ocorrência do acidente.


Durante a discussão de cada grupo e a elaboração das perguntas sugere-se o uso de gravadores de áudio espalhados entre os alunos com o objetivo de gravar as falas e possíveis reações dos alunos durante a realização da atividade.

A duração da atividade aplicada foi de quinze minutos e foram utilizados cinco gravadores de áudio dispostos entre os alunos.


2.4 ATIVIDADE 4

A quarta atividade sugerida corresponde a aplicação do questionário mostrado a seguir com o objetivo fazer um levantamento das concepções dos alunos acerca do tema radiação e de como eles observam a sua presença na natureza e no seu cotidiano. Durante a aplicação do questionário foram utilizados gravadores de áudio que estavam espalhados entre os alunos com o objetivo de gravar suas falas e possíveis reações durante a realização da atividade. Este questionário foi aplicado no segundo encontro e foi anterior a realização da primeira aula em que foram apresentados conteúdos teóricos de Física das Radiações.


1. Considerando as imagens abaixo, assinale a alternativa que representa material radioativo:




1



2



3



4

a) 1 b) 2 c) 3 d) 4

2. Você acha que é possível que as radiações possam ser emitidas por fontes naturais?
a) SIM b) NAO

3. Você considera que os alimentos irradiados são prejudiciais à saúde?
a) SIM b) NAO

4. (PERGUNTA A SER RESPONDIDA SOMENTE POR QUEM MARCOU A OPÇÃO SIM NA QUESTÃO ANTERIOR)
Marque a opção que justifica o porquê de você acreditar que alimentos irradiados são prejudiciais à saúde.
a) O alimento irradiado perde suas características originais, tornando-se alimentos radioativos.
b) A ingestão de alimentos irradiados faz com que os indivíduos que dele se alimentam também se tornem radioativos.
c) Outra justificativa. Qual? -

5. Ao ouvir falar sobre radiação, qual a primeira situação que lhe vem à mente?
a) Bombas
b) Diagnóstico e tratamento médico
c) Algo que pode ser usado na geração de energia
d) Controle de qualidade na indústria
e) Algo exclusivamente prejudicial à saúde

6. Em (qual) quais locais/ambientes, você acha que está exposto a alguma forma de radiação?
a) Um hospital
b) Um avião localizado a 8km de altitude
c) Uma usina nuclear
d) Uma praia
e) Uma escola

Figura 1–Questionário sobre conceitos básicos envolvendo radiação. (Fonte: Autoria própria)

A duração da atividade aplicada foi de quinze minutos e foram utilizados cinco gravadores de áudio dispostos entre os alunos.

2.5 ATIVIDADE 5

Nesta atividade, a turma deve ser dividida em grupos e cada grupo deverá receber um medidor de radiação (contador Geiger), juntamente com breves instruções de como manuseá-lo. Durante a atividade aplicada foi utilizado um modelo, semelhante ao mostrado na figura. A escolha por este modelo se deu apenas por ele está disponível em um dos laboratórios do CEFET/RJ UneD Itaguaí. Com este instrumento, os grupos devem ser orientados a procurar, dentro do espaço da escola ou em outro espaço de escolha do professor, materiais que emitam radiação. Cada grupo também deve receber um gravador de áudio que será utilizado para gravar as falas do grupo durante o desenvolvimento desta atividade.



Figura 2-Imagem do modelo de contador Geiger utilizado durante a atividade aplicada.

(Fonte: <http://www.lktechnology.com.br/>)

Consideramos importante destacar que outros modelos de contador Geiger também poderiam ser utilizados, ficando a critério do professor definir qual modelo utilizar de acordo com sua preferência ou disponibilidade para uso. Sugerimos também que o professor explique aos alunos sobre como funciona um contador Geiger. Para maiores informações sobre seu funcionamento, é indicada a leitura do artigo “Como funciona o contador Geiger?”, disponível em <http://radiologia.blog.br> , consultado em 10/12/2016.

O objetivo principal desta dinâmica é situar o estudante na questão da radioatividade natural, ou seja, fazer surgir a percepção de que materiais podem naturalmente emitir radiação, sem que seja necessário qualquer tipo de intervenção humana.

Uma opção ao uso deste modelo de contador Geiger é a utilização de um aplicativo para celular desenvolvido pelo Centro de Pesquisa Helmholtz, situado em Munique, Alemanha. Para maiores informações sobre este aplicativo, sugere-se a leitura da seguinte reportagem <http://meiobit.com/96740/contador-geiger-no-celular-tem-uma-app-para-isso/>.

Após o intervalo de tempo destinado pelo professor à atividade, cada grupo deverá retornar à sala de aula e expor para a turma quais os objetos encontrados que emitiam radiação.

Uma possibilidade para melhor explorar esta atividade é a realização de uma discussão com os alunos sobre as possíveis hipóteses associadas a emissão de radiação para os materiais encontrados pelos alunos.

A duração da atividade aplicada foi de trinta minutos e foram utilizados cinco gravadores de áudio e cinco aparelhos do modelo do medidor Geiger mostrado na figura acima.

Neste item, recomenda-se uma análise mais detalhada dos dados coletados, por meio da gravação e transcrição das falas, para isso podemos indicar a utilização dos Indicadores de Alfabetização Científica (AC), apresentados por Sasseron e Carvalho (2008), que fornecem evidências de que a alfabetização científica está se desenvolvendo quando os alunos participam de uma atividade investigativa.

De acordo com Sasseron e Carvalho (2008, p.338):

Nossos **indicadores** têm a função de nos mostrar algumas destrezas que devem ser trabalhadas quando se deseja colocar a AC em processo de construção entre os alunos. Estes indicadores são algumas competências próprias das ciências e do fazer científico: competências comuns desenvolvidas e utilizadas para a resolução, discussão e divulgação de problemas em quaisquer das Ciências quando se dá a busca por relações entre o que se vê do problema investigado e as construções mentais que levem ao entendimento dele. Assim sendo, reforçamos nossa ideia de que o ensino de ciências deva ocorrer por meio de atividades abertas e investigativas nas quais os alunos desempenhem o papel de pesquisadores.

Os indicadores dividem-se em três grupos: **indicadores para trabalhar com os dados de uma investigação, indicadores para estruturação do pensamento e indicadores para procura do entendimento da situação analisada.** A seguir são apresentados os indicadores com a suas subdivisões em categorias e o resumo das principais ideias apontadas pelas autoras citadas acima.

Indicadores da Alfabetização Científica		
Indicadores para trabalhar com os dados de uma investigação	<i>seriação de informações</i>	Indicador que não necessariamente prevê uma ordem a ser estabelecida, mas pode ser um rol de dados, uma lista de dados trabalhados.
	<i>organização de informações</i>	ocorre nos momentos em que se discute sobre o modo como um trabalho foi realizado.
	<i>classificação de informações</i>	ocorre quando se busca conferir hierarquia às informações obtidas.
Indicadores para estruturação do pensamento	<i>raciocínio lógico</i>	compreende o modo como as idéias são desenvolvidas e apresentadas e está diretamente relacionada à forma como o pensamento é exposto;
	<i>raciocínio proporcional</i>	mostra como se estrutura o pensamento, e refere-se também à maneira como variáveis têm relações entre si, ilustrando a interdependência que pode existir entre elas.
Indicadores para entendimento da situação analisada	<i>levantamento de hipóteses</i>	aponta instantes em que são alçadas suposições acerca de certo tema (pode surgir da forma de uma afirmação ou de uma pergunta).
	<i>teste de hipóteses</i>	colocar à prova as suposições anteriormente levantadas (pode ocorrer tanto diante da manipulação direta de objetos quanto no nível das idéias).
	<i>Justificativa</i>	quando em uma afirmação qualquer proferida lança mão de uma garantia para o que é proposto.
	<i>Previsão</i>	é explicitado quando se afirma uma ação e/ou fenômeno que sucede associado a certos acontecimentos
	<i>Explicação</i>	quando se busca relacionar informações e hipóteses já levantadas. (Estão relacionadas à justificativa para o problema).

Figura 3- Indicadores de Alfabetização Científica. Dados extraídos da Sasseron e Carvalho (2008 apud Penha, Carvalho e Vianna 2009, p.4)

2.6 ATIVIDADE 6

Para esta atividade, indicamos que seja iniciada com exibição dos cinco primeiros minutos do vídeo “Salvador, o hipocondríaco”, um recurso educacional produzido pela Unicamp em 2012 e disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=EfbqbizUxiM>. Em seguida, sugere-se a proposição de uma discussão sobre como seria a forma do gráfico que representaria a relação entre o percentual do fármaco no organismo e o número de meia-vida.

Trata-se de um vídeo de 12 minutos em que o personagem Salvador é um hipocondríaco que lê a bula do remédio que vai tomar para alguma dor e se depara com algumas informações curiosas. Com a ajuda de seu anjo da guarda, ele entende o

significado dos termos da bula e aprende algumas lições. Os conteúdos abordados no vídeo são função exponencial, meia-vida, concentração de remédios e decaimento radioativo, por isso sugere-se que esta atividade seja desenvolvida em conjunto com o professor de Matemática e de Biologia para um maior aprofundamento dos tópicos abordados.



Figura 4-Vídeo “Salvador, o hipocondríaco”.

(Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=EfbqbizUxiM>)

Após a exibição do vídeo, cabe explicar aos alunos sobre a diferença entre meia vida biológica e meia vida física.

Em seguida, os alunos, os alunos deverão ser divididos em grupos, receberão um kit contendo os materiais discriminados a seguir e serão orientados a utilizá-los para construir o gráfico em questão.

- 5 garrafas plásticas de 300 ml vazias;
- 2 litros de água com corante vermelho;
- 2 folhas de papel milimetrado;
- Uma régua

O objetivo desta atividade é uma investigação, a partir da manipulação de um conjunto de materiais de baixo custo, que leve o aluno à construção do gráfico que representa a relação entre o percentual do fármaco no organismo e o número de meia-vida. Durante o seu desenvolvimento, é indicada a utilização um gravador para cada grupo com objetivo de gravar as falas e possíveis reações dos alunos.

Após a construção do gráfico pelos grupos, poderá ser exibida a parte final do vídeo, para fins de concluir o processo de ensino –aprendizagem já iniciado.

A duração da atividade aplicada foi de trinta minutos e foram utilizados cinco gravadores de áudio, computador, datashow e cinco kits, cujos componentes estão dispostos acima.

A seguir são mostradas duas imagens captadas durante a atividade aplicada em 2016 e sua exposição visam permitir que o professor que acessar este material possa perceber como um grupo, formado por 5 alunos, realizou esta dinâmica.



Figura 5-Manipulação dos materiais durante a atividade.

(Fonte: Autoria própria)



Figura 6-Esboço do gráfico produzido pelos alunos.

(Fonte: Autoria própria)

Após a construção do gráfico pelos grupos, seria interessante a exibição da parte final do vídeo “Salvador, o hipocondríaco”, onde é feita uma abordagem sobre o gráfico da função exponencial. Em seguida, recomenda-se que o professor peça que um integrante de cada grupo explique para a turma quais os procedimentos utilizados, permitindo um compartilhamento das estratégias encontradas.

A exibição deste vídeo busca promover discussões sobre o conceito de meia vida de fármacos e a forma como ocorre o decaimento destas substâncias no organismo. Debates desta natureza podem ser usados para destacar a importância de se tomar os medicamentos nos intervalos prescritos pelos médicos e para alertar sobre os perigos da automedicação, sendo, portanto, uma atividade que revela fortemente a relação entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), já que o problema se origina num membro da sociedade num contexto associado a questões do cotidiano do aluno.

2.7 ATIVIDADE 7

Esta atividade corresponde a aplicação de três questões de vestibular¹ envolvendo assuntos abordados dentro do tema de Física das Radiações.

A aplicação destas questões justifica-se pela necessidade de observar como os alunos que tiveram contato com alguns temas da Física das Radiações a partir de uma sequência de atividades investigativas responderiam a questões do ensino tradicional, como são as questões de vestibular.

Deve-se destacar que uma das maiores demandas apontadas pelos meus alunos durante as aulas de Física das Radiações estava associada a questionamentos se este tema apresentava uma recorrência nas provas de vestibular e do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), revelando também uma preocupação com relação às provas de vestibular para fins de conseguir o acesso ao ensino superior. Não eram incomuns perguntas como “Cai questão disso na prova da Uerj?” ou “Isso é cobrado no ENEM?”.

As questões utilizadas durante a nossa prática estão mostradas a seguir, entretanto o professor poderá utilizar as questões que julgar mais pertinentes a esta prática. Para fins de consulta de outras questões sobre este tema, indicamos o acesso ao seguinte site <http://tudodeconcursosevestibulares.blogspot.com.br/2014/01/questoes-resolvidas-de-vestibular-sobre.html>.

Para fins de divulgação dos resultados obtidos durante a atividade aplicada também será exibida a seguir a análise estatística realizada para cada questão.

¹ Foram aplicadas ao todo dez questões de vestibular que abordavam o tema Física das Radiações, porém só foi realizada a estatística das repostas para as três questões que serão apresentadas a seguir. Elas foram escolhidas por tratarem de um assunto bastante recorrente dentro das questões consideradas: meia-vida.

1ª questão:

ENEM 2012 • QUESTÃO 84

A falta de conhecimento em relação ao que vem a ser um material radioativo e quais os efeitos, consequências e usos da irradiação pode gerar o medo e a tomada de decisões equivocadas, como a apresentada no exemplo a seguir. “Uma companhia aérea negou-se a transportar material médico por este portar um certificado de esterilização por irradiação.”

Física na Escola, v. 8, n. 2, 2007 (adaptado).

A decisão tomada pela companhia é equivocada, pois

A o material é incapaz de acumular radiação, não se tornando radioativo por ter sido irradiado.

B a utilização de uma embalagem é suficiente para bloquear a radiação emitida pelo material.

C a contaminação radioativa do material não se prolifera da mesma forma que as infecções por microrganismos.

D o material irradiado emite radiação de intensidade abaixo daquela que ofereceria risco à saúde.

E o intervalo de tempo após a esterilização é suficiente para que o material não emita mais radiação.

Figura 7-Questão 84 do ENEM 2012 da prova BRANCA.

(Fonte: <http://educacao.globo.com/provas/enem-2012/questoes/84.html>)

A tabela a seguir apresenta os dados levantados a partir das opções marcadas pelos alunos da turma na qual a atividade foi desenvolvida.

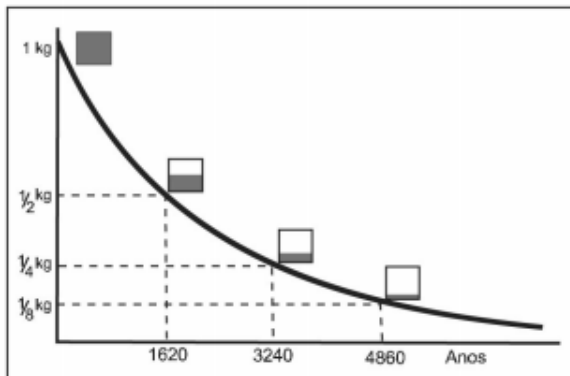
Opção A	Opção B	Opção C	Opção D	Opção E	Em branco
75%	10%	0%	5%	10%	0%

Tabela 2-Percentuais de opções marcadas pelos alunos para a questão analisada.

Considerando que a opção correta é a letra A, observa-se que a maior parte dos alunos acertou a questão, porém também vemos que alguns alunos, embora em número reduzido, não compreende o conceito de irradiação.

2ª questão:

O lixo radioativo ou nuclear é resultado da manipulação de materiais radioativos, utilizados hoje na agricultura, na indústria, na medicina, em pesquisas científicas, na produção de energia etc. Embora a radioatividade se reduza com o tempo, o processo de decaimento radioativo de alguns materiais pode levar milhões de anos. Por isso, existe a necessidade de se fazer um descarte adequado e controlado de resíduos dessa natureza. A taxa de decaimento radioativo é medida em termos de um tempo característico, chamado meia-vida, que é o tempo necessário para que uma amostra perca metade de sua radioatividade original. O gráfico seguinte representa a taxa de decaimento radioativo do rádio-226, elemento químico pertencente à família dos metais alcalinos terrosos e que foi utilizado durante muito tempo na medicina.



As informações fornecidas mostram que

- (A) quanto maior é a meia-vida de uma substância mais rápido ela se desintegra.
 (B) apenas 1/8 de uma amostra de rádio-226 terá decaído ao final de 4.860 anos.
 (C) metade da quantidade original de rádio-226, ao final de 3.240 anos, ainda estará por decair.
 (D) restará menos de 1% de rádio-226 em qualquer amostra dessa substância após decorridas 3 meias-vidas.
 (E) a amostra de rádio-226 diminui a sua quantidade pela metade a cada intervalo de 1.620 anos devido à desintegração radioativa.

Figura 8- Questão 10 do ENEM 2009 da prova cancelada.

(Fonte: <http://www.conteudoseducar.com.br/conteudos/arquivos/3643.pdf>)

A tabela a seguir apresenta os dados levantados a partir das opções marcadas pelos alunos.

Opção A	Opção B	Opção C	Opção D	Opção E	Em branco
5%	10%	5%	10%	65%	5%

Tabela 3-Percentuais de opções marcadas pelos alunos para a questão analisada.

Considerando que a opção correta é a letra E, pode-se concluir que a maior parte dos alunos acertou a questão, porém observa-se também que 35 % dos alunos da turma não dominam o conceito de meia-vida e não sabe fazer a leitura dos dados de um gráfico.

Um comentário interessante foi feito por um aluno que afirmava ser inacreditável que uma questão do ENEM contivesse uma explicação detalhada para um conceito chave do exercício como é o de meia vida para esta questão.

3ª questão:

questão
24

Uma das consequências do acidente nuclear ocorrido no Japão em março de 2011 foi o vazamento de isótopos radioativos que podem aumentar a incidência de certos tumores glandulares. Para minimizar essa probabilidade, foram prescritas pastilhas de iodeto de potássio à população mais atingida pela radiação.

A meia-vida é o parâmetro que indica o tempo necessário para que a massa de uma certa quantidade de radioisótopos se reduza à metade de seu valor.

Considere uma amostra de ${}_{53}\text{I}^{133}$, produzido no acidente nuclear, com massa igual a 2 g e meia-vida de 20 h.

Após 100 horas, a massa dessa amostra, em miligramas, será cerca de:

(A) 62,5
(B) 125
(C) 250
(D) 500

Figura 9-Questão 24 do 1º Exame de Qualificação do vestibular da Uerj do ano de 2012.

(Fonte: http://www.vestibular.uerj.br/portal_vestibular_uerj/arquivos/arquivos2012/)

A tabela a seguir apresenta os dados levantados a partir das opções marcadas pelos alunos durante a atividade aplicada:

Opção A	Opção B	Opção C	Opção D	Em branco
80%	10%	5%	0%	5%

Tabela 4- Percentuais de opções marcadas pelos alunos para a questão analisada.

Considerando que o gabarito é a letra A, verifica-se que a maioria dos alunos participantes assinalou a opção correta, todavia podemos observar que 20 % dos alunos analisados não sabem resolver problemas que envolvam função exponencial e suas propriedades.

A duração da atividade aplicada foi de vinte minutos e observou-se forte engajamento dos alunos que promoveram discussões entre seus colegas durante a resolução das questões propostas.

2.8 ATIVIDADE 8

Nesta atividade, objetiva-se promover uma discussão envolvendo os conceitos de meia vida física e meia vida biológica.

Para isso, sugere-se o uso de uma bula do medicamento amoxicilina (ou qualquer outro de livre escolha) para que o aluno possa ter acesso ao valor da meia vida biológica deste fármaco.

A partir daí, é sugerido que o professor faça a seguinte pergunta à turma: Como vimos no documentário “O pesadelo é azul”, algumas pessoas foram contaminadas internamente com o céσιο-137, cuja meia vida é de 30 anos, então podemos dizer que são necessários 30 anos para que metade da quantidade inicial de céσιο-137 seja eliminado do organismo destas pessoas? Ou seja, o valor associado a meia vida é o mesmo para situações dentro e fora de um organismo?

2.9 ATIVIDADE 9

Segundo Villas Boas (2005), o controle de qualidade nas empresas se faz muito importante, pois é por meio dele que se conhece se os produtos estão dentro dos padrões exigidos pelo mercado ou não. Com a globalização e o aumento de competitividade entre as empresas, é preciso que as empresas tenham um rígido controle de qualidade caso queiram ter um produto competitivo no mercado.

Dentro deste quadro, uma ferramenta importante é a ISO 9000 que estabelece um conjunto de normas e padrões fundamentais para o controle de qualidade.

Pensando neste contexto, recomenda-se que esta atividade seja iniciada com a promoção de um debate entre os alunos sobre como eles observam o conceito de qualidade de um produto. Deseja-se, a partir desta discussão, identificar quais os elementos que os estudantes consideram na hora de avaliar um produto em termos de sua qualidade.

Deve-se destacar que esta atividade não tem como objetivo a abordagem de conteúdos da Física e foi desenvolvida apenas com a intenção de apresentar o conceito de qualidade e sua relação com a Organização Internacional para a Padronização (ISO), aspectos importantes de dentro do campo industrial e, portanto, relevantes para o profissional técnico em mecânica que atua nesta área.

Encerrada a discussão, deverão ser entregues três canetas diferentes à turma e pedir-se-á aos estudantes que discutam e tentem encontrar respostas a duas perguntas reproduzidas a seguir:

- 1. Na sua opinião, qual caneta tem mais qualidade?*
- 2. Qual critério que você utilizou para dimensionar a qualidade das canetas?*
- 3. A sua decisão seria influenciada caso a embalagem de uma das canetas informasse sobre certificação da série ISO 9000? Justifique sua resposta.*



Figura 10- Canetas analisadas pelos alunos.
(Fonte: Autoria própria)

O produto escolhido foi caneta em função da grande disponibilidade de variedade e da familiarização dos estudantes com o produto, porém poderia ser um outro produto escolhido a critério do professor que aplicará a atividade.

Em seguida, cada aluno deverá receber o seguinte texto para leitura e discussão. O trecho foi adaptado de um artigo disponível no site do INMETRO, trata sobre o real significado da certificação da série ISO 9000.

[...]Para que se possa, objetivamente, avaliar o significado da certificação do sistema de Gestão da Qualidade de empresas, segundo as normas da série ISO 9000, faz-se necessário compreender os antecedentes históricos que deram origem a essa sigla, hoje mundialmente conhecida. No final dos anos 50, às voltas com a guerra fria e com a corrida espacial, as forças armadas americanas verificaram que, para assegurar o desempenho do complexo industrial-militar, era fundamental qualificar seus fornecedores tendo em vista a confiabilidade de seus produtos e serviços. Assim, foi elaborada uma norma, a "Military Standard", para avaliar o sistema de controle da qualidade de seus fornecedores. Com esse mesmo objetivo, foram desenvolvidas especificações para a área nuclear, pela Agência Internacional de Energia Atômica. Esse movimento se disseminou por vários outros setores da economia, de modo que, na década de 70, a qualificação de fornecedores era, em nível mundial, uma atividade desenvolvida em um ponderável número de grandes empresas e em grandes projetos. No Brasil, a partir de meados da década de 70, as estatais brasileiras fizeram um grande esforço de capacitação e qualificação de seus fornecedores. O Programa Nuclear Brasileiro foi o pioneiro nesse esforço de avaliação de fornecedores pela ótica da qualidade, sendo seguido pela Petrobras e outras estatais. Cabe ressaltar que as exigências feitas nesse esforço nacional eram idênticas às internacionais. Assinale-se também as iniciativas bem-sucedidas de algumas empresas privadas exportadoras que se

adaptaram aos padrões de qualidade exigidos pelos mercados dos países desenvolvidos. Em meados da década de 80, a Internacional Organization for Standardization (ISO) iniciou a elaboração do que se chamou normas sistêmicas para a qualidade. Essas normas são genéricas, não se prendem a um produto ou a um setor em particular, mas tratam da avaliação, sob a ótica da gestão da qualidade, do processo produtivo como um todo, qualquer que seja ele. Essas normas foram denominadas série ISO 9000.

O sucesso dessas normas resultou fundamentalmente de dois fatores. Em primeiro lugar, o movimento de globalização da economia, que levou à constituição de produtos mundiais, tanto no que se refere à utilização de componentes oriundos dos mais variados mercados, como quanto ao uso dos mesmos. Portanto, tornou-se extremamente importante a existência de uma marca que permitisse reconhecer que o fornecedor tem seu processo de produção minimamente controlado. Como segundo fator contributivo, a qualidade de avaliações feitas por compradores em seus fornecedores, utilizando-se de especificações diversas e em lugares cada vez mais distantes, tornou-se muito onerosa. Assim, mostrou-se altamente conveniente uma norma reconhecida mundialmente que permitisse a avaliação dos fornecedores por entidades independentes da relação contratual. Daí o sucesso do certificado ISO 9000. A certificação de Sistemas de Gestão da Qualidade ISO 9000 não pode ser confundida com a certificação de produto. A certificação de produto é o reconhecimento, através de uma marca ou selo, de que um produto está em conformidade com os requisitos especificados em normas ou regulamentos técnicos[...]

(Fonte: < <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/iso9000.asp> > Acesso em set/2016).

Após a leitura do texto, deverá ser solicitado que cada aluno do grupo responda às questões apresentadas a seguir:

1. Baseado no texto anterior e nas discussões sobre qualidade já realizadas, é possível garantir a qualidade dos produtos que são produzidos por empresas que tem o certificado ISO 9000? Justifique sua resposta.

2. Você já teve acesso a alguma propaganda de empresas certificadas que induz o consumidor a concluir que o produto é que é o elemento certificado? Em caso afirmativo, comente sobre como era o anúncio.

Durante o desenvolvimento desta dinâmica, aconselha-se o uso de um gravador para cada grupo com objetivo de gravar as falas e possíveis reações dos alunos.

A duração da atividade aplicada foi de trinta minutos e foram utilizados gravadores de áudio.

Cabe lembrar que para os casos envolvendo o uso de radiação na indústria, os padrões não serão estabelecidos pelo INMETRO, já que, para estas situações, existe uma legislação específica que estabelece normas e procedimentos a serem cumpridos e que serão estabelecidos e fiscalizados pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN).

Outra atividade interessante, para fins de debater questões envolvendo a certificação ISO 9001 e seus possíveis usos pelo mercado de vendas de produtos e serviços, é pedir que os alunos façam uma análise sobre a charge apresentada a seguir.



Figura 11-Charge sobre uma prática realizada pelo mercado de vendas envolvendo o uso da certificação ISO 9001.

(Fonte: <<http://www.gsp.org.br/biblioteca/divulgando.shtml>> Acesso jan/2017)

2.10 ATIVIDADE 10

A atividade 10 é uma proposta de questão aberta mediada pela leitura e discussão de um texto retirado de uma revista científica nacional. O texto, apresentado a seguir, é um recorte da Revista Brasil Nuclear (ano 9, nº 25, Jun-Ago/2002) e sua leitura deve ser

seguida de uma discussão em grupo que objetiva encontrar respostas para três perguntas incluídas ao final do material recebido pelo estudante.

O principal objetivo da atividade é que o aluno compreenda que uma possível aplicação de fontes radioativas é a sua utilização em processos industriais para fins de controle de qualidade.

Fontes radioativas garantem a qualidade dos processos industriais

A indústria é uma das maiores usuárias das técnicas nucleares, respondendo por 31% das licenças para utilização de fontes radioativas. Elas são empregadas, principalmente, para a melhoria da qualidade dos processos dos mais diversos setores industriais como o de bebidas, papel e celulose, siderúrgicas, indústrias automobilística, naval e aeroviária, e o setor petrolífero. As principais aplicações são na medição de espessuras e de fluxos, e no controle da qualidade de junções de peças metálicas.

Segundo Eduardo Mendonça, coordenador geral de Licenciamento e Controle da Comissão Nacional de Energia Nuclear – Cnen, as principais fontes utilizadas são o Cobalto 60, o Césio 137, o Amerício 241, o Irídio 192 e, mais raramente, o Estrôncio e o Trício.

Ricardo Brito, chefe da divisão de Instalações Radioativas da Cnen, ressalta que a utilização das fontes radioativas permite às indústrias alcançar os rígidos parâmetros exigidos pelo mercado externo e agregar mais qualidade aos produtos. Ele cita alguns exemplos. "Na indústria de papel, que opera com medidas padrão de gramatura, uma forma de garantir que todas as folhas tenham a mesma gramatura, para atender às exigências do mercado mundial, é a utilização de técnicas nucleares. Na indústria de bebidas, as fontes radioativas vêm sendo utilizadas para controle de enchimento de vasilhames", informa.

Outra importante aplicação das técnicas nucleares na indústria é a irradiação. Ela é usada, por exemplo, para aumentar a durabilidade de produtos como os fios e cabos elétricos ou para esterilizar produtos médico-hospitalares em empresas como a Johnson&Johnson (ver Brasil Nuclear 17). A irradiação de cabos foi introduzida no país há 20 anos. Somente no ano passado, o Ipen, que presta esse serviço para inúmeras empresas, irradiou 12 mil quilômetros de cabos. A técnica se disseminou a ponto de muitos fabricantes terem investido na aquisição de aceleradores, para irradiar seus produtos in-house.

Figura 12- Texto sobre fontes radioativas, retirado da Revista Brasil Nuclear (ano 9, nº 25, Jun-Ago/2002).

Ao final do texto são apresentadas as três perguntas que os alunos devem responder por escrito, findas a leitura e a discussão.

1. Se você fosse convidado para trabalhar em uma empresa que utiliza radiação em seu processo produtivo, você aceitaria esta proposta de trabalho?

a. Caso afirmativo, por quê?

b. Caso negativo, por quê?

2. Quais as vantagens, na sua opinião, do uso de radiação em indústrias?

3. Quais as desvantagens, na sua opinião, do uso de radiação em indústrias?

Durante o desenvolvimento desta atividade, aconselha-se o uso de um gravador para cada grupo com objetivo de gravar as falas e possíveis reações dos alunos.

A duração da atividade aplicada foi de vinte minutos e foram utilizados gravadores de áudio.

Para fins de enriquecimento da discussão sobre o tema aplicações industriais da Física das Radiações, recomenda-se a leitura do texto a seguir, parte integrante da dissertação, à qual este guia está vinculado.

Gamagrafia: uma aplicação industrial

De acordo com Okuno e Yoshimura (2010), as aplicações médicas das radiações ionizantes são inúmeras tanto na área de detecção de doenças como no tratamento delas. Porém, o uso das radiações ionizantes não se restringe ao campo da Medicina, alcançando também o setor industrial. Um exemplo da utilização de radiações ionizantes dentro do contexto industrial refere-se ao uso de fontes radioativas no processo de irradiação de alimentos para fins de sua conservação, seja pela diminuição da contaminação por micro-organismos e da infestação por insetos ou pela inibição de brotamento. É importante lembrar que, por tratar-se de um processo de irradiação, não há contato do alimento com o material radiativo e desta forma não há possibilidade de contaminação radioativa do alimento. No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) permite a irradiação de alimentos e determina que as embalagens

destes produtos tenham os seguintes dizeres: “ALIMENTO TRATADO PRO PROCESSO DE IRRADIAÇÃO”.

Ainda segundo essas autoras, em várias aplicações industriais é necessário verificar a integridade de materiais, radiografando a peça, sem provocar danos a sua estrutura (ensaio não destrutivo²), o que poderia ser feito utilizando um equipamento de raios-x. Entretanto, em algumas situações não é possível utilizar este aparelho, como por exemplo em seguintes casos:

- Verificar corrosão interna de tubos de um oleoduto;
- Inspeccionar válvulas de tubulações em uso;
- Avaliar fissuras por fadiga dos metais de asas e turbinas de aviões.

Para estas situações e várias outras, em vez de equipamentos de raio-x para obter as imagens necessárias a esse controle de qualidade, pode-se empregar uma técnica que utiliza fontes radioativas seladas³ e emissoras de raios gama, chamada de gamagrafia industrial.

Esta técnica tem seu funcionamento baseado em fatores associados ao fato da radiação emitida ter a propriedade de penetrar nos corpos sólidos, interagindo com a matéria e impressionando um filme fotográfico ou gerando imagens que podem ser detectadas através de um tubo de imagem ou mesmo medida por detectores eletrônicos de radiação.

² Trata-se de um tipo de ensaio que não danifica a peça analisada, como por exemplo, a chamada radiografia industrial, na qual se utiliza radiações ionizantes (raios-x e radiação gama) para controle de qualidade na indústria.

³ São aquelas em que o material radioativo está totalmente encapsulado de uma forma rígida, sem permitir o contato com o exterior.

A capacidade de penetração da radiação em sólidos depende de vários fatores, tais como: comprimento de onda da radiação, tipo de material e espessura do material avaliado.

De acordo com as características das peças avaliadas são utilizados diferentes tipos de fontes. A tabela 1, mostrada a seguir, apresenta informações referentes aos diferentes tipos de fontes radioativas utilizados na indústria.

Fonte	Meia-vida	Energia de Radiação	Faixa de utilização mais efetiva
Cobalto – 60	5,24 anos	1,17 a 1,33 MeV	60 a 150 mm de aço
Írídio – 192	74,4 dias	0,137 a 0,65 MeV	10 a 40 mm de aço
Túlio -170	127 dias	0,084 e 0,54 MeV.	1 a 10 mm de aço
Césio-137	33 anos	0,66 MeV	20 a 80 mm de aço
Selênio – 75	120 dias	0,006 a 0,405 MeV	4 a 30 mm de aço

Tabela 5-Características das fontes radioativas mais utilizadas na indústria.

(Fonte: Andreucci,2014, p.27)

No campo industrial, o uso dos raios gama apresenta algumas vantagens em relação aos raios-x: podem ser utilizados em locais sem alimentação elétrica, uma vez que o equipamento irradiador não necessita deste tipo de energia elétrica para funcionar, além disso, os equipamentos são menores e mais flexíveis, facilitando sua locomoção e uso.

Durante a realização do teste, parte da radiação emitida pela fonte será absorvida pelo material que está sendo avaliado. A quantidade de radiação que será absorvida depende do tipo e da espessura do material. Onde existe um vazio ou descontinuidade há menos material para atenuar a radiação. Assim, a quantidade de radiação que atravessa o material não é a mesma em todas as direções.

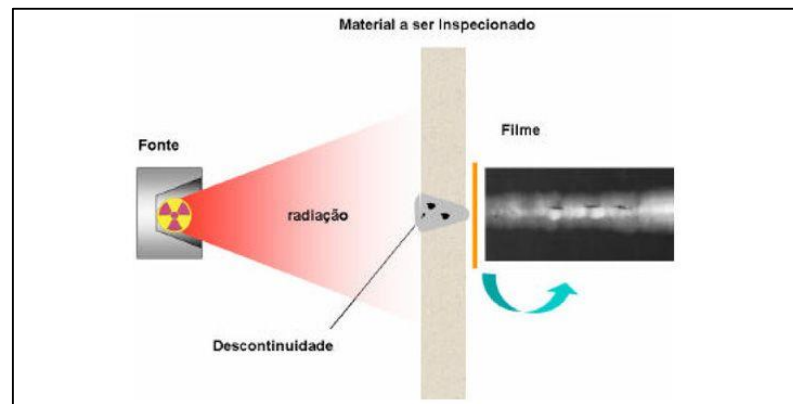


Figura 13 –Representação esquemática de um ensaio não-destrutivo utilizando uma fonte radioativa.

(Fonte:< <http://radiologia.blog.br/>> Acesso em nov/2016).

O equipamento irradiador de raios gama é constituído, conforme é mostrado nas figuras 14 e 15, por três partes básicas: blindagem, mangote e comandos. A blindagem exerce a função de absorver a radiação contínua dos raios, obedecendo às normas internacionais. Geralmente essa blindagem é feita de urânio exaurido ou chumbo, com estrutura externa de aço inoxidável. O mangote é o tubo que conduzirá a fonte radioativa até o ponto aplicação da irradiação para o ensaio. Os comandos permitem o acionamento e controle da fonte, levando-a pelo mangote até o local a ser ensaiado e após o tempo de exposição necessário recolhe-o. Esse comando pode ser hidráulico, pneumático ou, como em sua grande maioria, manual.

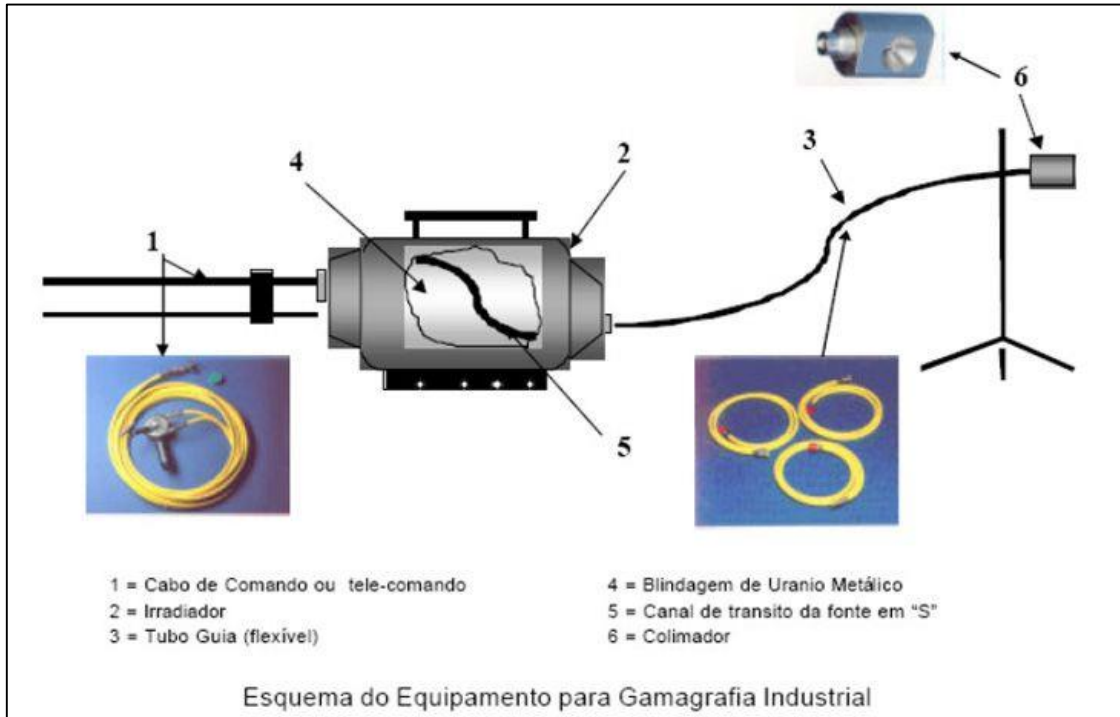


Figura 14-Esquema do equipamento utilizado em um teste de gamagrafia industrial.

(Fonte: <<http://radiologia.blog.br/>> Acesso em nov/2016)



Figura 15-Equipamento utilizado em um teste de gamagrafia industrial.

(Fonte: <<http://sievert.in/Radiography.htm>> Acesso em nov/2016).

Para o cálculo do tempo de exposição do filme radiográfico (t) é necessário conhecer informações associadas à distância fonte-filme (d), à atividade da fonte (A), espessura da peça, tipo de filme utilizado e ao fator de exposição (FE).

$$t = \frac{FE d^2}{A}$$

A importância de conhecer a atividade da fonte reside no fato de este valor ser utilizado para especificar o tempo de exposição na radiografia de um objeto, conforme mostrado na equação acima, de forma que quanto maior a atividade da fonte, menor o tempo de exposição. No gráfico 1, temos a curva de decaimento do Iridio-192, na qual é possível determinar o percentual de atividade remanescente para diferentes intervalos de tempo.

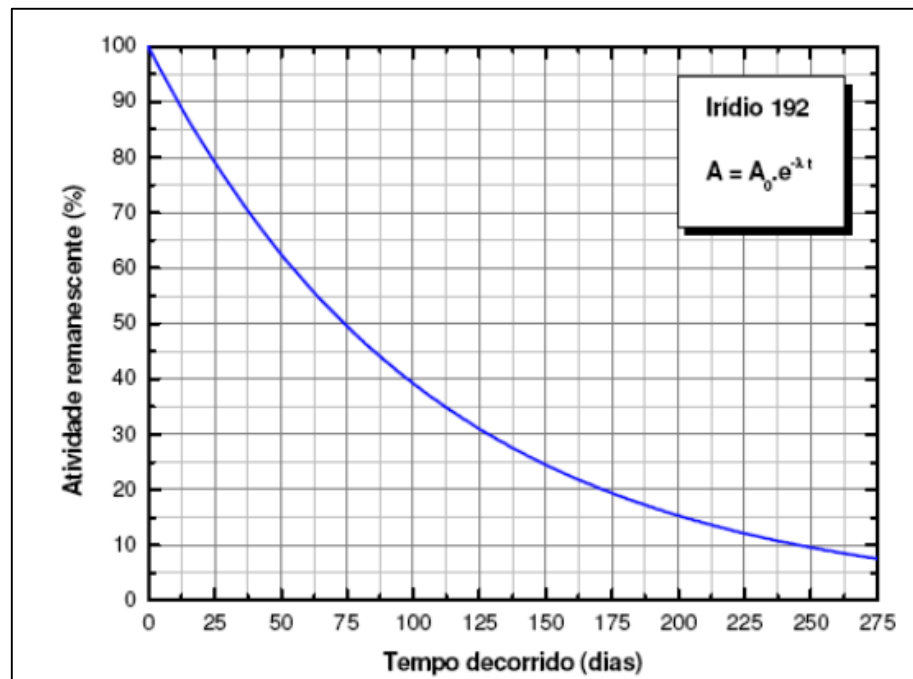


Gráfico 1-Curva de decaimento para o Iridio-192.

(Fonte: <https://www.maxwell.vrac.pucrio.br/24444/24444_3.PDF> Acesso em dez/2016).

As informações especificamente relacionadas à fonte radioativa podem ser encontradas num documento chamado Certificado de Fonte Radioativa Selada, fornecido

pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), conforme a resolução CNEN nº 166, de 16/04/2014.

O gráfico 2 correlaciona o fator de exposição com a espessura da peça de aço carbono para fontes de Selênio-75 e de Irídio-192. Por exemplo, para uma peça de aço carbono de 20 mm de espessura, considerando a fonte (2) de Irídio-192, constatamos que o fator de exposição é 70.

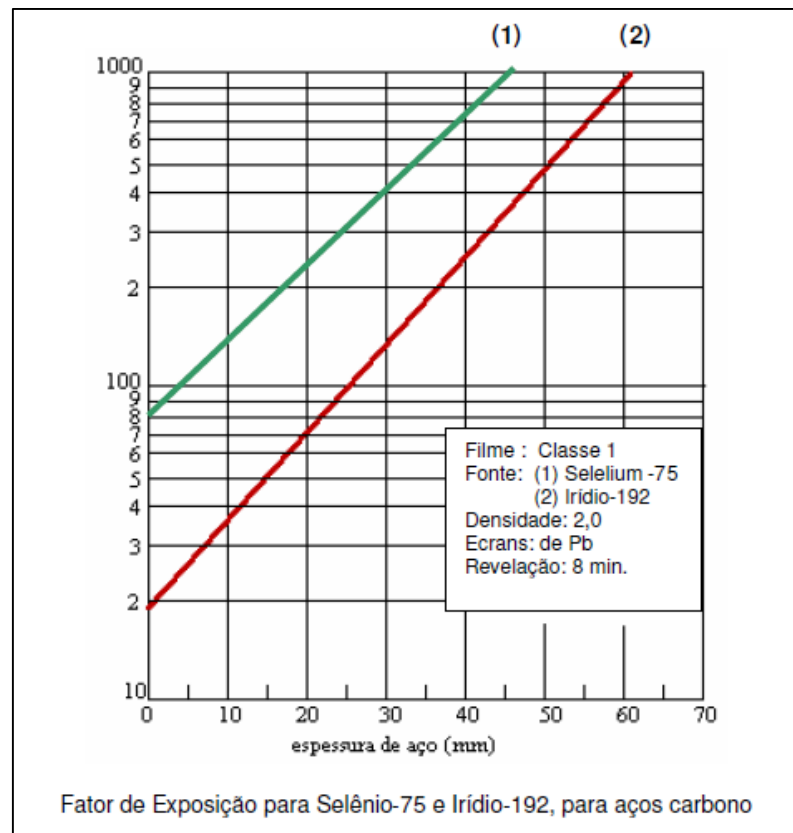


Gráfico 2– Fator de exposição para Selênio-75 e Irídio-192 para aços carbono.

(Fonte: Andreucci,2014, p.79)

As etapas e os preparos envolvidos na realização do teste por gamagrafia, podem ser melhor compreendidos através do vídeo Ensaio de Materiais -ensaio por raios gama (aula 25), disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=8FUXxG6wOvc>>, acesso em dezembro de 2016.

Existem normas específicas, determinadas pela CNEN, que indicam qual a distância mínima de realização do teste para não gerar riscos para a população e para os trabalhadores. O local deve ser isolado e demarcado com faixas alertando sobre os perigos e sobre a radiação.

Após a realização do teste é necessário realizar a revelação do filme fotográfico que consiste de uma fina chapa de plástico transparente, revestida de um ou ambos os lados com uma emulsão de gelatina, contendo finos sais de prata. Quando expostos à radiação, os cristais de brometo de prata sofrem uma reação que os tornam mais sensíveis ao processo químico de revelação, que faz com que estes cristais adquiram coloração mais escura, proporcionalmente à medida que foram irradiados.

Diferentes tipos de imperfeições podem ser detectados em um teste de gamagrafia: porosidade, trincas, falhas de solda, descontinuidades em peças fundidas ou forjadas. Quando o inspetor interpreta uma radiografia, ele está vendo os detalhes da imagem da peça em termos da quantidade de radiação que passa pelo filme radiográfico revelado. Áreas escuras indicam grande passagem de radiação pelo filme e áreas claras indicam o oposto. Para fazer esta interpretação, o inspetor deverá utilizar um negatoscópio, aparelho em formato de caixa com luminosidade variável e um suporte onde o filme é colocado.



Figura 16-Modelo de negatoscópio utilizado para análise do filme radiográfico produzido.

(Fonte: < <http://www.omettoequipamentos.com.br/> > Acesso em nov/2016).

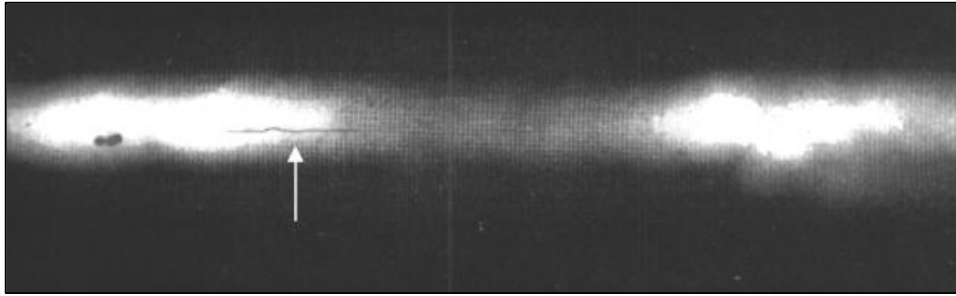


Figura 17 -Seção de uma solda contendo poro e uma trinca longitudinal.

(Fonte: Andreucci,2014, p.96).

Maiores informações sobre gamagrafia industrial podem ser consultadas no material disponível em <https://www.abendi.org.br/abendi/Upload/file/Radiologia-Jul-2014.pdf>. Acesso em 15/12/2016.

2.11 ATIVIDADE 11

Esta atividade trata-se de uma sugestão de uma questão aberta que propõe uma abordagem interdisciplinar para o acidente de Chernobil⁴, envolvendo as disciplinas Física e Literatura. O principal objetivo é promover uma discussão contexto científico e literário associado ao acidente ocorrido em 1986, realizando análises sobre o conteúdo e forma de um poema, retirado do livro *Vozes de Tchernóbil: a história oral do desastre nuclear*, da escritora bielorrussa Svetlana Aleksievich, ganhadora do Prêmio Nobel de Literatura em 2015.

⁴ O Acidente de Chernobil ocorreu em 1986 na Usina Nuclear de Chernobil, atual Ucrânia e foi provocado após explosões no quarto reator da usina, o que provocou um grande incêndio e a liberação de radiação para a atmosfera



Figura 18-Livro Vozes de Tchernóbil:a história oral do desastre nuclear.

(Fonte: <http://blogs.acidadeon.com/blogs/livrosemfrescura/files/2016/12/vozes.jpg>)

Este livro reúne os relatos dos sobreviventes do acidente nuclear que ficou conhecido como acidente de Chernobil, ocorrido em 1986, após a ocorrência de explosões em um reator de uma central elétrica nuclear de Chernobil, na cidade de Prip'yát, a 120 quilômetros da atual Ucrânia. Segundo a autora são relatos colhidos ao longo de uma década que trazem à tona os diferentes dramas sofridos por aquela população, destacando também um retrato daquele momento histórico de início da desintegração da União Soviética, sob a liderança de Gorbachev. O livro, foi lançado no Brasil em 2016, foi originalmente publicado em 1997 e chegou a ser proibido na Bielorrússia.

Outro aspecto que poderá ser abordado a partir dos relatos apresentados no livro está associado ao levantamento do contexto histórico da época, permitindo um debate de questões envolvendo a crise na União Soviética, por exemplo. Além das questões científicas envolvidas, é necessário abordar o contexto filosófico, político e cultural da época do acidente.

O texto foi escolhido do livro para análise traz o relato de **Liudmila Ignátienko, mulher do bombeiro Vassíli Ignátienko:**

“Não sei do que falar... Da morte ou do amor? Ou é a mesma coisa? Do quê?”

Estávamos casados havia pouco tempo. Ainda andávamos na rua de mãos dadas, mesmo quando entrávamos nas lojas. Sempre juntos. Eu dizia a ele: “Eu te amo”. Mas ainda não sabia o quanto o amava. Nem imaginava. Vivíamos numa residência da unidade dos bombeiros, onde ele servia. No 2º andar. Ali também moravam três jovens famílias, que compartilhavam a cozinha. Embaixo, no 1º andar, ficavam os carros, os carros vermelhos do corpo de bombeiros. Era esse o trabalho dele. Eu sempre sabia onde ele estava e o que se passava com ele. No meio da noite, ouvi um barulho. Gritos. Olhei à janela. Ele me viu: “Feche a persiana e vá se deitar. Há um incêndio na central. Volto logo.”

A explosão, propriamente, eu não vi. Apenas as chamas, que iluminavam tudo, o céu inteiro... Chamas altíssimas, muita fuligem. O calor era terrível. E ele não voltava. A fuligem se devia ao betume queimado, o telhado da central era coberto de asfalto. As pessoas andavam sobre o telhado como se fosse resina, como depois ele me contou. Os colegas apagavam as chamas, enquanto ele rastejava e subia até o reator. Eles chutavam o grafite ardente... Foram para lá sem o equipamento de lona, com as camisas que estavam usando. Não os preveniram, soltaram o aviso de um incêndio comum.

Quatro horas... Cinco... Seis... Nós tínhamos combinado de ir à casa dos pais dele às seis, para plantar batatas. Da cidade de Prípiat até a aldeia Sperijie, onde eles viviam, eram 40 quilômetros. Nós íamos lá semear, arar. Era o que meu marido mais gostava de fazer... A mãe dele frequentemente se lembra de que ela e o pai não queriam deixá-lo ir para a cidade, chegaram a construir uma casa nova. Mas ele foi convocado pelo Exército. Serviu em Moscou nas tropas dos bombeiros e quando voltou só queria ser bombeiro. Nada mais. (Silêncio)

Às vezes parece que escuto sua voz. Que ele está vivo... Nem as fotografias me tocam tanto quanto a voz dele. Mas ele nunca me chama. Nem em sonhos... Sou eu que chamo meu marido.

Sete horas... Às sete me avisaram que ele estava no hospital. Corri até lá, mas havia um cordão de policiais em torno do prédio, ninguém passava. As ambulâncias chegavam e partiam. Os policiais gritavam: “Os carros estão com radiação, não se aproximem.” Eu não era a única, todas as mulheres cujos maridos estavam na central essa noite vieram correndo, todas. Quando vi saltar de um carro uma conhecida que trabalhava como médica naquele hospital, corri e a segurei pelo jaleco: “Me deixe entrar!” “Não posso! Ele está mal. Todos estão mal.”

Agarrei-a com força: “Só quero ver o meu marido. ” “Está bem”, ela disse. “Vamos. Mas só por quinze, vinte minutos. ”

Eu o avistei. Estava todo inchado, inflamado. Quase não se viam seus olhos.

“Ele precisa de leite. Muito leite! ”, ela disse. “Eles devem beber ao menos 3 litros. ” “Mas ele não toma leite. ” “Agora vai ter que tomar. ”

Muitos médicos, enfermeiras e, sobretudo, as auxiliares desse hospital, depois de algum tempo, começaram a adoecer. Mais tarde morreriam. Mas na época ninguém sabia disso.

Às dez da manhã morreu o técnico Chichenok. Foi o primeiro. No primeiro dia. Logo soubemos de outro que tinha ficado sob os escombros, Valera Khodemtchuk. Não conseguiram retirá-lo, foi emparedado com concreto. Mas ainda não sabíamos que esses seriam apenas os primeiros”.

(Texto retirado do livro Vozes de Tchernóbil, 2016)

Todos os alunos participantes da atividade receberam uma cópia impressa deste texto, sendo que a escolha específica por este relato se justifica por nele ser apresentada a questão da ingestão de leite como forma de tratamento para casos de intoxicação, prática, popularmente, também conhecida entre os brasileiros.

Recomenda-se que esta atividade seja mediada pela leitura do texto apresentado ou por outro texto do livro que seja de interesse do professor, devendo ser seguida de discussões sobre questões científicas, sociais e éticas relacionadas ao acidente de Chernobil, um dos maiores acidentes nucleares vividos até hoje. Um debate interessante entre os alunos deveria envolver uma discussão coletiva sobre aspectos positivos e negativos relacionados ao uso da energia nuclear, considerando fatores de diferentes naturezas como o econômico e o social.

Acredita-se que este tipo de atividade ao estimular o debate acerca de questões sociocientíficas, ao dar voz ao aluno, mostra-se como uma ferramenta eficaz para estimular a capacidade argumentativa dos alunos. Sugere-se, para melhor aproveitamento das potencialidades desta dinâmica, que ela seja desenvolvida em conjunto com professores de Literatura e História.

Durante o desenvolvimento desta atividade, aconselha-se o uso de gravadores com o objetivo de gravar as falas e possíveis reações dos alunos.

A duração da atividade aplicada foi de vinte minutos e foram utilizados gravadores de áudio.

É importante deixar claro que o acidente radiológico de Goiânia e o Acidente de Chernobil apresentam naturezas completamente diferentes e não possuem relação entre si. A opção pela citação destes dois acidentes justifica-se apenas pelo fato de que em ambos ocorreu a liberação de radiação para a atmosfera, trazendo consequências ambientais, econômicas e sociais de forte impacto.

2.12 ATIVIDADE 12

Nesta atividade, sugere-se o uso do texto jornalístico a seguir que trata sobre a causa de um acidente de avião ocorrido em 2014.

O Airbus A320 caiu no mar de Java em 28 de dezembro, a menos de metade do caminho em um voo de duas horas iniciado na segunda maior cidade indonésia, Surabaya, com destino a Cingapura.

Problemas reiterados provocados pelo sistema de controle do leme fizeram com que os pilotos desativassem o piloto automático quando o avião atravessava uma área com tempo ruim, antes de perder o controle do avião, anunciou o Comitê Nacional de Segurança de Transportes.

De acordo com o relatório final, o piloto automático foi desconectado para que os sistemas de alerta fossem aplicados em consequência de uma fissura em uma soldadura do sistema que controla o leme. O avião começou a perder estabilidade, após uma série de manobras dos pilotos para tentar reativar o sistema.

O voo QZ8501 da AirAsia decolou de Surabaya, na ilha de Java, na madrugada do dia 28 de dezembro de 2014 com 162 pessoas a bordo e deveria ter aterrissado em Cingapura algumas horas mais tarde.

(Adaptado pela autora de <<http://g1.globo.com/mundo/noticia/2015/12/falha-mecanica-causou-acidente-com-aviao-da-airasia-na-indonesia.html>> Acesso em out/2016).

A turma deverá ser dividida em grupos e após a entrega do texto para cada grupo, solicita-se a leitura e discussão para que sejam respondidas às seguintes questões:

1. *Qual a principal causa do acidente, segundo o texto?*

2. *De acordo com as discussões realizadas nas últimas aulas, o que poderia ter sido feito para detectar esta falha⁵?*

O objetivo desta atividade é destacar a importância social do tema abordado, visto que o estudante assim pode perceber que o problema que está analisando é do cotidiano de muitas pessoas.

A duração da atividade aplicada foi de vinte minutos e foram utilizados gravadores de áudio.

2.13 VISITAS TÉCNICAS

O texto *Fontes radioativas garante a qualidade em processos industriais*, apresentado no item 2.10, sinaliza um campo de aplicação das radiações diferente da tradicional área médica, apontando para uma aproximação cada vez maior entre a sociedade e as mais diferentes radiações. Desta forma, é preciso que a sociedade compreenda os efeitos da radioatividade, principalmente sobre o organismo humano; ressaltando assim a relevância do estudo das radiações no currículo escolar.

⁵ Não estamos afirmando que, no caso relatado pela reportagem, não foi realizado algum tipo de ensaio para verificação da integridade estrutural da peça e nem podemos garantir que a realização de um teste por gamagrafia seria o suficiente para evitar a ocorrência do acidente aéreo.

Espera-se que o ensino de física, na escola média, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação. (Brasil, 1999, p. 229).

O uso de radiação nos processos industriais tornou-se algo concreto e cotidiano na indústria brasileira nos seus mais diferentes ramos. Segundo dados da CNEN (Comissão Nacional de Energia Nuclear), obtidos pela autora em entrevistas a servidores da referida instituição, no ano de 2015, o estado do Rio de Janeiro, já contava com 98 organizações industriais que utilizam radiação em seus processos produtivos com diferentes especialidades com destaque especial para radiografia industrial e medidores nucleares fixos. O uso de material radioativo não se restringe ao campo industrial, alcançando também o setor terciário da economia, com o aumento da oferta de serviços que se propõem, por exemplo, a inspecionar bagagens e contêineres em portos e aeroportos. Aplicações desta natureza estão sendo cada vez mais utilizadas para o controle da entrada e saída de armas e drogas no país, passando assumir um papel fundamental em questões relacionadas a atuação do Brasil no contexto do narcotráfico internacional.

Uma grande questão é como tópicos relacionados às radiações deverão ser levados até aos cidadãos, principalmente, aqueles que não possuem formação científica, mas que por questões trabalhistas irão ter contato com algum tipo de fenômeno radioativo. Uma possível saída para a problemática apresentada está no ensino de elementos básicos associados à radioproteção aos alunos de cursos técnicos da área industrial. A ideia é que este futuro técnico aprenda sobre os efeitos das radiações ionizantes e que posteriormente possa transmitir estes conceitos para os trabalhadores operacionais que atuam no chamado chão de fábrica. Trata-se de uma medida importante, pois irá auxiliar o técnico de segurança do trabalho que, apesar da legislação específica, atuam em baixo número em muitas indústrias. Para evitar acidentes radiológicos, é fundamental que este aluno tenha noção dos riscos envolvidos nas atividades que utilizam radiação e das principais normas da CNEN aplicáveis à Radiologia Industrial (NN -3.01 e NN- 6.04). Dentro deste contexto, o ensino de Física

possibilitará um engajamento reflexivo dos alunos acerca de proteção radiológica, um assunto de seu interesse e preocupação.

A constante preocupação com a formação adequada dos estudantes aponta não apenas para um compromisso com a formação do cidadão, mas também para a necessidade de qualificação do profissional que será inserido no mercado de trabalho que contempla um desafio de superação da dificuldade de interligação entre os saberes teóricos e práticos.

A inserção da visita técnica na proposta pedagógica de um curso técnico pode ser vista como uma das possíveis estratégias de integração teórico-prática.

O parágrafo primeiro do artigo 21 das Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Profissional Técnica de Nível Médio (BRASIL,2012) prevê que:

A prática na Educação Profissional compreende diferentes situações de vivência, aprendizagem e trabalho, como experimentos e atividades específicas em ambientes especiais, tais como laboratórios, oficinas, empresas pedagógicas, ateliês e outros, bem como investigação sobre atividades profissionais, projetos de pesquisa e/ou intervenção, visitas técnicas; simulações; observações e outras.

Foram organizadas duas visitas técnicas a indústrias cujas atividades produtivas envolvem o uso de radiação, buscando proporcionar aos alunos uma formação mais ampla, permitindo observar o ambiente real de uma empresa em pleno funcionamento, além de ser possível verificar sua dinâmica, organização e todos os fatores teóricos implícitos nela.

O processo de planejamento da visita técnica foi dirigido de modo a considerar aspectos como: o assunto a ser pesquisado e observado, a empresa a ser visitada, o grupo de alunos e professores participantes e resultados esperados a partir desta atividade.

É fundamental que tenhamos de forma clara e bem estruturada a definição do problema a ser investigado, de forma que o aluno compreenda o porquê de estar participando deste tipo de ação exploratória.

Com o intuito de promover um melhor planejamento, surgiu a necessidade de o docente realizar uma visita prévia, sem a companhia dos estudantes, para que pudesse obter informações mais detalhadas sobre o processo produtivo da empresa, buscando realizar um levantamento de elementos que serão observados pelos alunos e que podem ser relacionados com conceitos já vistos por eles, além de procurar levantar questões relacionadas com a temática de estudo que está norteando a visita. Da mesma forma, é necessário que os alunos façam uma pesquisa sobre a empresa, considerando aspectos como sua missão, visão e valores, como forma de preparação da visita técnica.

A primeira visita técnica foi a NUCLEP (Nuclebrás Equipamentos Pesados S.A.), em maio de 2016. Foi escolhida por utilizar radiação para controle de qualidade em seu processo produtivo e por estar localizada no Distrito Industrial de Itaguaí, a aproximadamente 20 km da escola, onde foi aplicado este trabalho. Seu bom relacionamento com a escola também foi um fator decisivo, à medida que se apresenta sempre disposta a participar de atividades de extensão e apresenta-se como uma boa opção para estágio para alunos concluintes dos cursos técnicos.

A outra visita técnica foi realizada no Centro de Informação de Itaorna, pertencente à Eletronuclear, localizado no quilômetro 522 da Rodovia Rio-Santos, no município de Angra dos Reis, local de onde se pode avistar todo o complexo que compõe a Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto. A escolha por este centro se justifica pela necessidade de abordar as questões relativas a produção de energia elétrica a partir da matriz nuclear e também pela necessidade de promover um debate sobre questões relativas à segurança e proteção radiológica e aos impactos ambientais nas comunidades vizinhas.

De acordo com o PCNEM (BRASIL, 1999, p.231):

É preciso rediscutir qual Física ensinar para possibilitar uma melhor compreensão de mundo e uma formação para a cidadania adequada [...] Isso significa

promover um conhecimento contextualizado e integrado à vida de cada jovem [...] Uma Física que explique os “gastos da conta de luz” ou o consumo diário de combustível e também as questões referentes ao uso das diferentes fontes de energia em escala social, incluindo, a Energia Nuclear, com seus riscos e benefícios.

Concluimos que as visitas técnicas realizadas contribuíram para o processo de ensino –aprendizagem do tema Física das Radiações por proporcionar aos estudantes uma visão técnica da futura profissão e permitir uma melhor compreensão dos conteúdos dos componentes curriculares.

Desta forma, indica-se a inclusão de visitas técnicas às atividades desenvolvidas durante as aulas de Física das Radiações, defendendo o professor escolher qual a melhor organização a ser visitada, considerando as características e necessidades de seu grupo de alunos e da escola.

2.14 DANDO VOZ AO ALUNO

Esta atividade tem como objetivo promover uma reflexão do estudante sobre a sequência de atividades proposta.

Sugere-se que o aluno seja orientado pelo professor a responder a seguinte pergunta:

O que você considera como sendo o mais importante dentro do que aprendeu nas aulas de Física das Radiações?

A ideia é que o estudante disserte, usando a linguagem escrita, de forma livre sobre o que julgavam mais importante dentro do que haviam aprendido nas aulas de Física das Radiações.

A duração da atividade aplicada foi de vinte minutos e os alunos utilizaram papel e caneta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEKISIÉVICTH, S. Vozes de Tchernóbil: a história oral do desastre nuclear. São Paulo: Companhia das Letras. 2016.

ANDREUCCI, R.A Radiologia Industrial. São Paulo.2014.130f.Disponível em: <<https://www.abendi.org.br/abendi/Upload/file/Radiologia-Jul-2014.pdf>>. Acesso em 30/09/2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 9000:2005. Sistemas de gestão da qualidade: Fundamentos e vocabulário. Rio de Janeiro, 2005.

BRASIL, Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio. Brasília. Ministério da Educação,1999.

CNEN-Comissão Nacional de Energia Nuclear. Disponível em: <<http://www.cnen.gov.br>> Acesso em: 10/05/2016.

OKUNO, E.; YOSHIMURA, E. M. Física das radiações. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

PENHA S.P., CARVALHO A.M.P., VIANNA D.M. 2009. A utilização de atividades investigativas em uma proposta de enculturação científica: novos indicadores para análise do processo. In VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Florianópolis, 2009.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. Investigações em Ensino de Ciências, Porto Alegre, v. 13, n. 3, p. 333-352, 2008.

SASSERON, L.H., MACHADO, V.F. Alfabetização Científica na prática: inovando a forma de ensinar física. Livraria da Física. São Paulo,2017.

VILAS BOAS, E.B.B. *Estudo da qualidade da matéria-prima*.2005.170f. Dissertação. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Paraná.2005.