



# **UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

Decanato de Pesquisa e Pós-Graduação

Instituto de Física

Instituto de Química

Instituto de Biologia

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS**  
**MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM ENSINO DE CIÊNCIAS**

**A Radioatividade como tema em uma perspectiva Ciência-  
Tecnologia-Sociedade com foco em História e Filosofia da  
Ciência**

**Luciana da Cruz Machado da Silva**

**Brasília – DF**

**Março**

**2009**



# **UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

Decanato de Pesquisa e Pós-Graduação

Instituto de Física

Instituto de Química

Instituto de Biologia

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS**

**MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM ENSINO DE CIÊNCIAS**

**A Radioatividade como tema em uma perspectiva Ciência-  
Tecnologia-Sociedade com foco em História e Filosofia da Ciência**

***Luciana da Cruz Machado da Silva***

Dissertação realizada sob orientação da Profa. Dra. Joice de Aguiar Baptista e apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências – Área de Concentração “Ensino de Química”, pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília.

**Brasília – DF**

**Março**

**2009**

## FOLHA DE APROVAÇÃO

LUCIANA DA CRUZ MACHADO DA SILVA

### **A Radioatividade como tema em uma perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade com foco em História e Filosofia da Ciência**

Dissertação apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências – Área de Concentração “Ensino de Química”, pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília.

Aprovada em \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

#### BANCA EXAMINADORA

---

Profa. Dra. Joice de Aguiar Baptista  
(Presidente)

---

Prof. Dr. Wildson Luiz Pereira dos Santos  
(Membro interno – UnB)

---

Prof. Dr. Mansur Lutfi  
(Membro externo – Unicamp)

---

Prof.Dr. Roberto Ribeiro da Silva  
(Suplente – UnB)

Eu dedico este trabalho ao meu esposo  
Gutemberg, pelo apoio e incentivo; ao  
querido filho Rodrigo, que sempre tem tanto  
a me ensinar; à minha mãe Laureci, cuja  
memória me é tão saudosa; ao meu pai  
Milton e irmãos, Pamella e Milton que apesar  
de estarem longe, sempre estão comigo; à  
minha tia Nely e minha avó Magdalena por  
terem feito o papel de mães quando eu deixei  
de ter a minha; à amiga Renata, pelo  
incentivo e ajuda e a todos os parentes e  
amigos.

AGRADEÇO A PROFESSORA JOICE NÃO APENAS PELA ORIENTAÇÃO QUE PERMITIU A REALIZAÇÃO DESTE TRABALHO, MAS POR SUA ATENÇÃO, CUIDADO, DEDICAÇÃO, SIMPLICIDADE E COMPETÊNCIA QUE TANTO ME ENSINARAM.

## AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

Primeiramente a Deus, autor da vida e pai amoroso que sempre está comigo.

Ao meu amado esposo Gutemberg, companheiro em todas as situações, incentivador e amigo. Ao meu filho tão querido, Rodrigo, colaborador, apreciador e não menos companheiro. À Meg que nunca se negou a estar comigo, mesmo que seus latidos, às vezes, atrapalhassem a concentração para os estudos, denunciando que era hora de uma parada para descanso.

Aos meus pais pela vida que me deram e amor que me dedicaram sempre. À minha avó Olga por todas as boas lembranças de infância que fazem parte do que eu sou hoje. À minha avó Magdalena, meu porto seguro, minha fonte de força e de sabedoria, meu exemplo de mulher. À minha irmã Pamella, pela revisão.

À minha tia Nely e minhas primas Deborah e Regina por sempre poder contar com elas, inclusive nas complicações da informática.

Aos amigos-irmãos da Igreja Batista do Calvário por cooperarem comigo em oração; em particular, ao Josué e à Cristina, que sempre se fizeram presentes no interesse e no incentivo.

Aos pequeninos João Pedro, Arthur, Isaías, Fernanda, Helena, Luiza, Camila Beatriz e Davi, cuja convivência no berçário da igreja tem sido um bálsamo em minha vida.

À Renata, ao Elias e à Sandra pela inspiração, exemplo e incentivo.

Aos professores Joice, Roberto, Wildson, Ricardo, Gerson, Patrícia, Maria Márcia, Denise, Célia e Cássio, pela atenção e carinho, por terem compartilhado seus conhecimentos e seus sonhos de uma Educação de qualidade.

Aos colegas de curso que contribuíram com seus pontos de vista na construção dos meus. Companheiros de caminhada.

Às professoras Juçara, Francilene, Rose e Magda, cujo apoio foi determinante na execução deste trabalho, por sua convicção de que sempre é possível melhorar, e aos demais colegas de trabalho, sempre solidários ao trabalho desenvolvido.

Por fim, e de forma muito especial, agradeço aos meus alunos que compartilharam comigo preciosas horas de suas vidas, muitas vezes ensinando mais do que aprendendo.

“Senhor,  
tu me sondas e me conheces. Sabes  
quando me assento e quando me levanto;  
de longe penetras os meus pensamentos.  
Ainda a palavra me não chegou à língua,  
e tu, Senhor, já a conheces toda. Tal  
conhecimento é maravilhoso demais para  
mim: é sobremodo elevado, não o posso  
atingir.”

Salmo 139: 1,2,4 e 6

## RESUMO

Este trabalho, desenvolvido no contexto da escola pública, buscou investigar e propor estratégias para melhorar a compreensão dos alunos de Ensino Médio sobre conceitos científicos de Radioatividade. Uma dessas estratégias consistiu em pôr em prática propostas de ensino que integrassem os conhecimentos científicos, suas aplicações tecnológicas e suas implicações sociais em um contexto interdisciplinar; bem como, valorizassem o papel do aluno como sujeito ativo no processo de aprendizagem. Questionários e produções dos alunos, além de entrevistas com professores participantes, foram utilizados para avaliar os resultados. Com base nesses materiais foi observada uma maior relevância atribuída, pelos alunos, aos conceitos científicos trabalhados e uma melhor compreensão dos mesmos.

**Palavras-chave:** Ensino Médio, Interdisciplinaridade, CTS, HFC, Radioatividade.

## **ABSTRACT**

This work, carried out in the context of public schools, aimed at investigating and proposing strategies to improve high school understanding on scientific concepts of Radioactivity. One of those strategies consisted of practicing teaching strategies that integrate scientific knowledge, its technological applications and social implications in an interdisciplinary context as well as, the student's role in the learning process. Questionnaires, students' works and interviews with participant teachers were used to evaluate the results. The analysis of those materials revealed a better understanding of Radioactivity concepts.

**Keywords:** High School Chemistry, Radioactivity, Scientific Concepts.

# Sumário Geral

<b>Introdução</b>	12
Por que a radioatividade	12
A ciência na sala de aula	16
Um Relato	24
O problema de pesquisa	27
<b>Capítulo 1: Buscando Caminhos</b>	28
1.1 Ciência, Tecnologia e Sociedade	30
1.2 História e Filosofia da Ciência (HFC) e o ensino de ciências	38
1.3 Abordagem CTS e relação HFC	44
1.4 A questão da interdisciplinaridade	46
1.5 Ensino de radioatividade	48
<b>Capítulo 2: Conhecendo a escola e os alunos</b>	54
2.1 A escola	54
2.2 O sistema de avaliação na escola	57
2.3 O aluno da escola	58
2.4 O aluno e a escola	59
2.5 A relação do aluno com a Química escolar	61
<b>Capítulo 3: Elaborando a abordagem temática</b>	63
<b>Capítulo 4: Avaliando</b>	78
4.1 Avaliações formais	79
4.1.1 Questões predominantemente referentes aos conceitos Químicos	79
4.1.2 Questões que envolviam predominantemente as articulações CTS	84
4.2 Relatos dos alunos quanto à proposta de trabalho realizada, em questões abertas de avaliações formais (APD e AB)	87
4.2.1 Avaliação do paradidático (APD)	87
4.2.2 Avaliação bimestral individual (AB)	90
4.3 Falas dos alunos e painéis apresentados durante os seminários	93
4.4 Formulários de auto-avaliação	96
4.4.1 Auto-avaliação dos alunos	96
4.4.2 Avaliação da proposta	98
4.5 Relatos dos professores parceiros no desenvolvimento do trabalho	99

4.6 Desempenho dos alunos quanto à aprovação escolar	103
4.7 Respostas dos alunos ao questionário aplicado um ano após a execução dos trabalhos	105
4.8 Outras considerações	111
<b>Considerações Finais</b>	114
<b>Referências</b>	117
<b>Bibliografia Consultada</b>	122

## **Apêndices**

A: Questionário - Conhecendo a escola	125
B: Questões sobre o Vídeo “O Clã Curie”	128
C: Apostila para os alunos : Radioatividade	130
D: Orientações aos alunos para elaboração de seminário	146
E: Avaliação do Paradidático	152
F: Avaliação sobre leis do decaimento radioativo e meia-vida	155
G: Avaliação Bimestral – Radioatividade	158
H: Questionário aplicado aos alunos do 3º ano	163
I: Formulário de Auto-Avaliação	165
J: Proposição – A Radioatividade como tema em uma perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade com foco em História e Filosofia da Ciência	167

## **Anexos**

A: Transparências utilizadas	228
B: Autorização para uso de imagem	232

## INTRODUÇÃO

Muitos, ao longo do tempo, têm considerado a ciência como motivo de assombro; alguns têm considerado-a fonte que nutre sua curiosidade e busca pelo saber; mas, tantos outros têm vivido alheios ao seu campo de conhecimento.

### **Por que a radioatividade**

Desde a sua descoberta, a radioatividade tem despertado o interesse das pessoas, seja na comunidade científica ou entre cidadãos comuns. Sua “invisibilidade” e seu “poder” vêm intrigando a uns, causando espanto a outros e despertando a curiosidade de muitos. De início, talvez por tratar-se de algo completamente novo para o conhecimento da época: uma emanção invisível proveniente apenas de alguns materiais, capaz de ionizar o ar e causar queimaduras na pele ou impressionar chapas fotográficas, além de atravessar diversos materiais, inclusive o corpo humano. Era realmente algo sem precedentes na ciência. Depois, por sua potencialidade: dos fronts de guerra aos cosméticos, dos exames de diagnóstico médico às promessas de cura, as radiações ionizantes (os raios X e a radioatividade) continuaram chamando a atenção do mundo. Ainda que, muitas vezes, de forma equivocada.

Quinn (1997), em sua biografia de Marie Curie, relata que é

chocante, agora, ler que os soldados da Primeira Guerra Mundial tomaram injeções intravenosas de uma solução de rádio, em casos de extrema perda de sangue, e aplicações externas de rádio e radônio para suavizar tecido cicatrizado, relaxar as articulações e ‘estimular a função nervosa’. (p. 446).

Com o passar do tempo, as promessas de curas quase milagrosas converteram-se em medo e desconfiança para grande parte das pessoas. Após as primeiras mortes, ainda ligadas

aos laboratórios de pesquisa e à aparente contaminação de operárias de uma fábrica americana de relógios por Rádio<sup>1</sup>, não foi mais possível ignorar que aquela “maravilhosa” descoberta científica – que rendeu a uma mulher dois prêmios Nobel – também poderia revelar-se uma séria fonte de riscos à saúde e à vida. Segundo Quinn (1997), há registros de danos sofridos pelos primeiros operadores de raios-X na guerra e de morte por câncer de Clarence Dally, um assistente de laboratório que tentava aperfeiçoar uma lâmpada elétrica com a energia do raio X. Há, ainda, relatos de médicos e técnicos na França que haviam perdido dedos, braços e visão por exposição aos raios X e a materiais radioativos. Os dedos da própria Marie foram queimados pelo Rádio, e Pierre, seu marido, sofria com fortes dores ósseas, hoje atribuídas à exposição à radioatividade.

O crescente medo e a insegurança, associados ao uso da antes tão promissora radioatividade, ganharam força e se consolidaram em episódios que marcaram a história, como as bombas lançadas sobre Hiroshima e Nagasaki, em agosto de 1945, e acidentes nucleares como o de Chernobyl, em abril de 1986. Assim, a radioatividade, que surgiu trazendo uma grande esperança à sociedade, tanto na área médica quanto na produção de energia, entre outros, acabou por tornar-se sombria e inquietante. Tornou-se polêmica.

Em 1987, o Brasil viveu seu capítulo na série de acidentes relacionados à radioatividade que o mundo experimentou na década de 80, quando um equipamento hospitalar contendo cloreto de céσιο, utilizado para tratamento de câncer, foi abandonado em um terreno baldio na cidade de Goiânia. Após ser violado e ter seu conteúdo espalhado entre vários moradores da região, causou o maior acidente radiológico do mundo. Esse problema evidenciou a falta de conhecimento científico e o despreparo do cidadão comum ao lidar com situações nas quais tal conhecimento se faz necessário. Ficou clara a relação existente entre o conhecimento científico, as necessidades sociais, os interesses econômicos e o poder público.

---

<sup>1</sup> O Rádio era utilizado na tinta com a qual os ponteiros dos relógios eram marcados para brilharem no escuro. O trabalho das mulheres em uma fábrica de Nova Jersey envolvia usar os lábios para acertar as pontas do pincel com o qual pintavam os ponteiros, gerando possível contaminação (QUINN, 1997, p. 447).

Segundo informações da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), o aparelho violado em Goiânia trazia impresso o símbolo de material radioativo (trifólio preto em fundo amarelo)<sup>2</sup>. No entanto, isso não representou um sinal de perigo para as pessoas que o violaram, já que essas não conheciam o pictograma ou não o associavam a algo que oferecesse risco à saúde.

O acidente de Goiânia trouxe repercussões não apenas no estado, mas em toda a região Centro-Oeste e no Brasil. Em Goiânia, houve manifestações contra o sepultamento das vítimas, pois as pessoas acreditavam que os corpos poderiam contaminar o solo. Além disso, pessoas perderam casas e pertences devido à contaminação. Goianos que viviam em Brasília sofreram com a discriminação, e passageiros de Goiânia que desembarcavam em aeroportos de todo o país tinham dificuldade em conseguir um táxi, pois os motoristas se recusavam a levá-los por acreditarem correr risco de contaminação.

Por tudo isso, a desconfiança e o medo da radioatividade ainda hoje fazem parte da nossa sociedade, assim como a curiosidade em relação ao assunto. Nas escolas, essa curiosidade pode ser percebida no questionamento que faço aos alunos no início de cada ano letivo. Quando perguntados sobre os temas que mais os atraem no estudo da Química, a radioatividade sempre é citada, juntamente com as drogas e os anabolizantes. A lembrança provavelmente ocorre em virtude da enorme quantidade de reportagens na mídia sobre os 20 anos do acidente de Goiânia e sua repercussão.

Soma-se que, atualmente, a energia nuclear voltou a figurar como promissora em um cenário em que parte dos governos de todo o mundo tem buscado fontes de energia menos prejudiciais no que se refere à produção de gases que intensificam o aquecimento global.

---

<sup>2</sup> Atualmente, além do trifólio preto em fundo amarelo, é também utilizado para designar material radioativo o

pictograma



No Brasil, os projetos de construção de novas usinas nucleares – no papel há anos – voltaram a ser discutidos, culminando na recente liberação de licença ambiental para a construção de Angra 3 e nos novos desafios impostos relacionados ao armazenamento do lixo nuclear. Nesse cenário, o Brasil se destaca por possuir a 6ª maior reserva de Urânio – principal combustível das usinas nucleares – do mundo.

Tendo em vista o exposto, é surpreendente notar que o curso de formação de professores de Química da Universidade de Brasília (UnB) não apresenta, em seu programa curricular, nenhuma disciplina que se volte ao estudo da radioatividade. Levantamento efetuado junto aos institutos de Química e de Física<sup>3</sup> da Universidade de Brasília mostraram que, na ementa das disciplinas obrigatórias na formação de licenciados em Química, radioatividade não é objeto de estudo.

Apesar disso, nos programas curriculares oficiais para o Ensino Médio de Química, o conteúdo está presente, e consideramos relevante que esteja. Porém, essa realidade coloca o professor de Química em uma situação, no mínimo, angustiante, colaborando para a má qualidade do ensino da disciplina.

Assim, diante da relevância do conhecimento acumulado sobre radioatividade, do modo como historicamente foi desenvolvido, das conseqüências de sua aplicação no passado, na atualidade e no que se aponta para o futuro, a abordagem do tema exige que o professor supere seu despreparo, de forma que possa efetivamente colaborar para que os alunos rompam com as concepções de senso comum ou para que não construam de maneira equivocada o conhecimento científico.

Por tudo isso, escolhemos o tema Radioatividade para conceber uma proposta que atendesse ao desenvolvimento integral do aluno, valorizando, juntamente com o conhecimento científico, o contexto histórico, social e cultural em que o conhecimento foi

---

<sup>3</sup> Levantamento efetuado em 20/06/2007 no endereço [www.unb.com.br](http://www.unb.com.br)

desenvolvido, bem como suas aplicações ao longo do tempo. Para tanto, buscamos referenciais que nos possibilitassem entender a ciência como construção humana.

### **A ciência na sala de aula**

Diversos livros que tratam dos problemas da educação formal têm sido publicados não apenas no Brasil, mas também em outros países. Isso porque problemas relacionados aos processos de ensino e aprendizagem são diversos e não exclusivamente brasileiros.

No caso do Brasil, a situação tem se mostrado muito ruim em vários aspectos e, segundo dados do Índice de Desenvolvimento da Educação Básica – IDEB (2005)<sup>4</sup> e do Exame Nacional do Ensino Médio – ENEM (2007)<sup>5</sup>, o desempenho dos estudantes não tem sido satisfatório no Ensino Fundamental nem no Médio, principalmente nas escolas públicas.

Dentre os muitos problemas a considerar, encontram-se:

- excesso de alunos nas turmas;
- excesso de turmas atendidas por cada professor;
- deficiência de material didático de qualidade;
- dificuldade de acesso aos materiais didáticos disponíveis;
- deficiências na formação inicial dos professores;
- inexistência ou deficiência da formação continuada dos professores;
- falta de políticas públicas que tenham essencialmente objetivos educacionais;
- diversidade de políticas educacionais implantadas sem a participação dos professores e da comunidade em sua construção;
- falta de acompanhamento e avaliação eficazes nas políticas educacionais implantadas etc.

---

<sup>4</sup> Os dados das avaliações do IDEB estão disponíveis em [www.ideb.inep.gov.br/Site/-7k](http://www.ideb.inep.gov.br/Site/-7k)

<sup>5</sup> Resultados disponíveis em [www.mec.gov.br](http://www.mec.gov.br), acessado em 04/04/2008

Zaguri (2006) aponta diversos desses temas, debatendo as dificuldades que professores e alunos encontram hoje nas salas de aula, com base em dados obtidos em escolas de todo o país. Sua publicação extrapolou o âmbito educacional, tendo sido bastante discutida na mídia e permanecendo nas listas de livros mais vendidos de diversas livrarias do país por vários meses. Isso demonstrou a crescente preocupação, não apenas dos professores, mas de grande parte da sociedade, com relação aos problemas do nosso atual modelo de ensino e aprendizagem.

Japiassu (1999) aponta que é inegável que o sistema educacional atual

passa por um processo de desagregação. Vive ao mesmo tempo uma profunda crise dos conteúdos (o que é transmitido?, o que deve ser transmitido?, com que critérios?), uma crise dos programas, uma crise daquilo em vista de que tais programas são definidos e uma crise da própria relação educativa (desapareceu o tipo tradicional da autoridade indiscutida e ainda não se definiram nem se afirmaram os novos tipos). O que é mais grave: a maioria dos mestres e dos alunos nem mesmo se interessa por aquilo que se passa na escola, como se o ensino não constituísse mais um investimento educativo. Para muitos educadores, converteu-se num “emprego” ganha-pão. Para os alunos, um pesado fardo a ser carregado, pois não conseguem vê-lo como um investimento formador, apenas como um meio de obter um “diploma” permitindo-lhes exercerem uma eventual “profissão”. (p. 35).

Nas palavras de Japiassu, vemos que os problemas educacionais vão além daqueles de ordem prática e alcançam dimensões mais complexas, que remetem não apenas a conteúdos e métodos, mas a questões relacionadas a valores e ideologias.

No que tange ao ensino de ciências, mais alguns problemas vêm se somar aos já citados. Um exemplo é a aparente falta de significado dos temas nas aulas. Parece não estar claro para os nossos alunos o motivo de estarem aprendendo ciências. Muitas vezes, parece também não estar claro para os professores o motivo de ensinar ciências. As disciplinas da área parecem não fazer parte da cultura humana, e parecem muitas vezes estar completamente alheias às questões cotidianas do homem comum.

O ensino de ciências, a despeito das orientações contidas nos documentos oficiais, “continua sendo predominantemente disciplinar, com visão linear e fragmentada dos conhecimentos na estrutura das próprias disciplinas” (BRASIL, 2006, p. 101) e pautado em um modelo conteudista de “transmissão-recepção” (BRASIL, 2006, p. 105).

Por outro lado, de acordo com Chalmers (1993), a ciência goza hoje de um alto prestígio no meio social de um modo geral. Em suas palavras, nos

tempos modernos, a ciência é altamente considerada. Aparentemente há uma crença amplamente aceita de que há algo de especial a respeito da ciência e de seus métodos. A atribuição do termo “científico” a alguma afirmação, linha de raciocínio ou peça de pesquisa é feita de um modo que pretende implicar algum tipo de mérito ou um tipo especial de confiabilidade. (p. 17).

Esse fato pode ser constatado na mídia e está incorporado em menor ou em maior grau no modo de pensar e de agir das pessoas. A sociedade atual tende a ver o conhecimento científico como garantia de eficácia e veracidade. O adjetivo científico hoje tem sido utilizado, inclusive, para agregar valor a produtos de mercado, dando-lhes maior confiabilidade e maior sensação de segurança e tranquilidade aos consumidores.

Essa visão da ciência como detentora do poder de definir o que é verdade não está apenas na mídia, nos filmes ou na vida cotidiana do cidadão comum. Segundo Chalmers (1993), ela é “evidente no mundo escolar e acadêmico e em todas as partes da indústria do conhecimento” (p. 18). Também as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (MEC, 2006) afirmam que, dentro do ideal de modernidade existente na sociedade atual, “se concretizou, no sistema escolar, [...] uma supremacia das Ciências da Natureza sobre as outras ciências e outros campos do conhecimento.” (p. 104).

Japiassu (1999) cita, ainda, que, em nossa cultura, a ciência é

ensinada e recebida, pelos alunos, como a detentora de um magistério apodítico e incontestável: da racionalidade, da objetividade, da exatidão e da eficácia. Estabelece as fronteiras entre o real e o ilusório, entre o verdadeiro e o falso, entre o normal e o patológico. Chega mesmo a adotar uma postura ética de pretender dirimir as dúvidas sobre o que é bom ou mau, justo e injusto. Se somente ela conhece o que é verdadeiro, claro que somente ela poderá nos dizer o que é justo e bom. (p.10).

Assim, a ciência, muitas vezes, chega à sala de aula como a “verdade” que os alunos devem aprender. Apesar dos problemas que o mundo conheceu e que abalaram, de certa forma, a crença na ciência salvadora – no sentido de promulgadora da verdade –, por ser atribuída a ela a responsabilidade por sua ocorrência<sup>6</sup>, a ciência ainda hoje mantém o status de detentora da verdade do conhecimento. As bombas, a poluição e os demais fatores maléficos atribuídos ao progresso científico não deram conta de abalar significativamente a fé que se tem na ciência salvadora. Para muitos, ela parece ter se tornado um dogma.

Como causa ou consequência dessa idéia, está o pensamento de que a ciência não é para todos. Parece, infelizmente, estabelecido em nossa sociedade que apenas os “espíritos mais evoluídos” ou as “mentes mais brilhantes” são capazes de compreender a natureza do conhecimento científico e, principalmente, de produzir tal conhecimento. O que resta ao cidadão comum, o que resta aos nossos alunos, é aceitar seus dogmas. Assim, os enunciados teóricos são reproduzidos em uma questão de prova por um aluno que não compreende seu significado, sua construção e suas implicações, mas compreende que precisa reproduzi-lo para ser recompensado com a aprovação no final do ano letivo.

Tal pensamento de cunho cientificista, comumente reproduzido em muitos materiais didáticos e, por vezes, presente na concepção dos próprios professores, pode constituir mais um dos graves problemas relacionados ao ensino de ciências.

---

<sup>6</sup> Tais problemas estão relacionados aos danos ambientais causados em consequência dos avanços científicos e tecnológicos, a acidentes radiológicos e nucleares, ao consumismo tecnológico exacerbado, entre outros de mesma natureza.

Para demonstrar o valor atribuído à ciência nos dias atuais, Chalmers (1993) cita um anúncio de jornal que recomendava a revista de conteúdo religioso *Christian Science*, dizendo que a “Ciência fala e diz que a Bíblia Cristã é comprovadamente verdadeira” e “até os próprios cientistas acreditam nisso atualmente” (p. 17). O que podemos inferir desse tipo de afirmação é que se atribui à ciência um extremo valor, sendo ela capaz até de legitimar uma fé religiosa. A ciência é colocada como um elemento de maior valor que os demais pertencentes à cultura humana.

Para Japiassu (1999), é o divórcio entre o discurso científico e sua prática concreta que oculta parte de sua verdade. Por isso, a informação científica passa a ser assimilada como argumento de autoridade, o que faz com que se torne objeto de crença. Para o aluno, crer na ciência passa a significar:

a) adotar uma atitude de fé e confiança em suas verdades, pois quase sempre ela aparece como um conjunto de teorias, de leis e de tecnologias capazes de resolver os problemas dos indivíduos e da sociedade; b) adotar uma atitude de confiança cega em seu dinamismo (sem espírito crítico), como se ela fosse capaz de tudo explicar; c) adotar uma atitude atribuindo um valor absoluto às suas verdades, como se não fossem um produto da história. (p. 11).

Parte dessa crença na ciência como detentora absoluta do conhecimento verdadeiro, capaz de conduzir a sociedade à evolução e ao bem-estar, está claramente associada em muitos livros didáticos à eficácia do método científico (SÁ, 2006). Nesse contexto, predomina a visão empiricista e positivista da ciência, em que a observação e a experimentação criteriosas dos fenômenos levam, por indução, ao estabelecimento da verdade. Mesmo após documentos oficiais sinalizarem a necessidade de uma ruptura dessa visão de ciência, os livros didáticos, mesmo os que se intitulam de acordo com os PCN, trazem, ainda, em geral, a manutenção dessa visão (MEC, 2006).

Assim, o cidadão – e o aluno – que não se rende à “veracidade” do conhecimento científico e opta por guardar convicções não advindas da ciência tende a ser tratado, na melhor das hipóteses, como uma pessoa ingênua.

Na sala de aula, esse poder de autoridade da ciência é transferido ao professor de ciências, que se torna, então, o porta-voz do conhecimento. Ele, em geral, é tido como o representante máximo da ciência na escola. É ele quem melhor compreende as novas tecnologias que chegam à sociedade a cada dia. Ele pode chegar a ser quase um médico com quem se discute os sintomas e o melhor remédio para certas doenças, tem uma explicação “científica” para as catástrofes anunciadas pelos noticiários e sabe de quase tudo aquilo que todos acham “muito difícil”.

Chalmers (1993) também critica essa visão de ciência, alegando que “nenhum moderno filósofo da ciência está alheio pelo menos a algumas de suas deficiências” (p. 18-19) e argumenta que “simplesmente não existe método que possibilite às teorias científicas serem provadas verdadeiras ou mesmo provavelmente verdadeiras” (p. 19). Além disso, mostra as direções que as discussões atuais acerca do conhecimento científico têm tomado, ao mencionar que alguns

dos argumentos para defender a afirmação de que teorias científicas não podem ser conclusivamente provadas ou desaprovadas se baseiam amplamente em considerações filosóficas e lógicas. Outros são baseados em uma análise detalhada da história da ciência e das modernas teorias científicas. Tem sido uma característica do desenvolvimento moderno nas teorias do método científico que uma atenção crescente venha sendo prestada à história da ciência. (p. 19).

Ou seja, embora durante algum tempo a crença na eficácia do método científico tenha direcionado o cientista e a sociedade a acreditarem que a ciência poderia chegar a determinar, através da razão, o que é a realidade, hoje, com as discussões mais modernas acerca da filosofia da ciência, tal pensamento tem mudado. Análises históricas, por exemplo,

têm mostrado como certas “verdades científicas” foram abandonadas pelo surgimento de novas “verdades”. Então, a compreensão acerca da natureza do conhecimento científico vem mudando. Contudo, essas mudanças não têm chegado às salas de aula.

Concordamos que a crise no ensino formal é fato corrente em nossos dias. Ela atinge todas as matérias escolares e também não está instalada apenas no Distrito Federal (DF) ou no Brasil. Porém, na área de ensino de ciências, o problema se acentua, o que se torna ainda mais sério se concordarmos com Japiassu (1999), que afirma que o ensino científico constitui a “base do edifício”, no que se refere ao processo educativo. Em suas palavras, o

ensino de ciências ocupa essa posição, ao mesmo tempo por seu papel simbólico, pois é portador dos chamados valores modernos, e por sua função efetiva, pois constitui o mais forte fator de seleção social. Todos os *experts* reconhecem que, no domínio da educação, somos um fracasso. (p.49).

Percebe-se, nas palavras de Japiassu, não apenas sua constatação de que o ensino de ciências institui a base do processo de ensino como um todo, mas também sua percepção de que a detenção do conhecimento científico constitui fator de seleção social. Ou seja, se queremos que a educação possibilite uma mudança social, ou, ao menos, a ascensão social do indivíduo, devemos, como professores de ciências, dar especial atenção ao aspecto do ensino de ciências destacado por Japiassu.

Na mesma linha, Enguita (2004) afirma que vivemos uma terceira revolução industrial, na qual a informação e o conhecimento são altamente valorizados, atribuindo-lhes decisivo papel nos processos de produção. Nesta sociedade, a posse da informação e do conhecimento multiplica o poder da qualificação e divide a sociedade, o que determina a grande importância da educação. Assim, para Enguita, “a concentração da qualificação depende, essencialmente – mas não apenas –, da estrutura das oportunidades escolares e do funcionamento do sistema educacional.” (p. 38).

Esses são apenas alguns dos argumentos que nos permitem considerar que se faz necessário que o ensino de ciências objetive promover no educando a construção de uma visão de ciência mais crítica e reflexiva do que aquela apresentada no início do capítulo. Devemos evitar que a ciência seja vista em sala de aula como verdade absoluta. Nós, professores, precisamos abdicar do poder de autoridade que ela supostamente nos dá. O ensino de ciências deve ser capaz de levar o aluno a conhecer a natureza da ciência, não apenas seus produtos.

Segundo Bachelard (1996), o ensino dos resultados da ciência não pode ser entendido como um ensino de ciências. Japiassu (1999) afirma que tal ensino deve levar em conta

suas determinações: histórica, epistemológica, econômica, política, etc. E isto, de modo interno e orgânico. Não se trata de acrescentar, ao ensino científico, cursos de história, de filosofia ou de economia. Mas de transformar esse ensino, nele inserindo todos esses aspectos. (p. 62).

Além disso, a

educação científica precisa combater a imagem pública de imutabilidade das verdades científicas. E mostrar que o real pode ser observado a partir de diversos pontos de vista marcados com a cicatriz de uma dimensão histórica e cultural. (p.144).

Dessa forma, a ciência pode passar a ser vista como elemento da cultura humana, com seu valor associado a outros valores, advindos de outros elementos dessa mesma cultura, e não mais como algo de maior valor por ser capaz de estabelecer a verdade. Esse pode constituir um primeiro passo em uma caminhada que busque resgatar o ensino de ciências da atual crise, contribuindo para que o aluno se interesse pelo conhecimento científico, favorecendo seu aprendizado. Assim, consideramos que a educação em ciência pode desempenhar melhor o seu papel social.

## Um Relato

É bem verdade que em uma sala de aula temos alunos com os mais diferentes perfis. Eles têm diferentes interesses e aspirações. O mesmo vale se compararmos uma turma com outra, uma escola com outra ou um ano com outro. Afinal, o ser humano é dinâmico, assim como os processos dos quais participa.

Contudo, ao longo de minha prática escolar, tenho percebido que, mesmo com as particularidades já mencionadas, um aspecto do ensino tende a ser o mesmo: os alunos, em geral, demonstram não gostar das horas que passam na escola, estudando. É comum ouvirmos murmúrios de reclamações ao propormos atividades, é freqüente a falta de interesse nas aulas expositivas, é comum vermos nossos alunos completamente dispersos enquanto falamos sobre os modelos explicativos da estrutura da matéria ou sobre as interações moleculares que tanto nos fascinam enquanto professores de ciências.

O desinteresse dos alunos é relatado por docentes de diversas disciplinas nas salas de professores. No entanto, parece-me que, naquilo que se refere ao ensino de ciências, essas questões são agravadas pelo que Matthews chamou de “mar da falta de significados” (MATTHEWS, 1995). Nas salas de aula, o ensino de ciências tem assumido um caráter demasiadamente formal e desvinculado do mundo do aluno (PIETROCOLA, 1999), contribuindo para que seu interesse e curiosidade naturais percam força diante da dificuldade ou mesmo da impossibilidade de apreensão daquilo que está sendo ensinado como verdade científica nas aulas de ciências. Mas, o que significa uma verdade científica? Como a sociedade vê a ciência? Esses são temas a serem discutidos no capítulo 1.

Ao observar a reação dos alunos diante dos temas e das atividades propostas durante as aulas, um fato que sempre me chamava a atenção era o interesse dos alunos pelas “curiosidades” trazidas pelos livros didáticos ou pelo professor durante as aulas. Analisando

tais “curiosidades”, constata-se que, em geral, abordam situações de aplicações práticas dos conhecimentos dos temas apresentados para estudos ou, ainda, relacionam-se a aspectos da história e da cultura referentes às descobertas científicas e à vida dos cientistas.

Como exemplo que ilustra esse interesse, cito uma situação ocorrida em uma turma de 2º ano do Ensino Médio. Após trabalhar os conteúdos referentes à evolução de modelos atômicos, radioatividade e tabela periódica, forneci aos alunos um texto de uma carta de amor onde vários termos apareciam substituídos por termos químicos de sonoridade semelhante às palavras que de fato davam sentido às frases. Pedi, então, aos alunos, como tarefa avaliativa, que reescrevessem a carta com o português correto e elaborassem um dicionário com os termos químicos e seus significados. Os alunos em geral gostaram de realizar a atividade, acharam a carta engraçada e a proposta divertida. A maioria dos trabalhos apresentou resultados satisfatórios. Porém, qual não foi minha surpresa quando, ao avaliar a produção dos alunos, constatei que havia uma dupla que, após destacar a palavra “rádio” como termo químico, deu-lhe o significado de “aparelho utilizado para ouvir músicas”.

Fiquei decepcionada. Não sabia se aquilo era sério ou se era algum tipo de brincadeira dos alunos. Afinal, eu já havia “ensinado” radioatividade, já havia falado sobre a história de sua descoberta e, com toda a certeza, já havíamos falado sobre o Rádio, e o que significou para a ciência o fato de Marie Curie tê-lo descoberto e isolado. Só não estava mais certa de que meus alunos realmente tivessem “aprendido” tudo isso.

Ao retornar à sala de aula, conversei com os alunos novamente sobre a descoberta da radioatividade, investigando suas concepções sobre o assunto e destacando as dificuldades enfrentadas pelos envolvidos nos estudos que culminaram em tal descoberta. Em especial, conversamos sobre uma mulher que se propôs a investigar o assunto em uma área quase exclusivamente masculina e sobre os problemas que isso implicava. Dei ênfase às dificuldades relacionadas à maneira como a ciência interpretava os fenômenos naquela época

e ao que representava a radioatividade nesse contexto. Discutimos os impactos sociais que a radioatividade causou quando de sua descoberta, as implicações das incertezas sobre seus efeitos, vimos quais as suas aplicações de então e também como a sociedade vê e utiliza a radioatividade hoje.

Para minha surpresa, os alunos demonstraram um enorme interesse, de forma que muitos ainda vinham conversar informalmente sobre o assunto, trazer reportagens de jornais ou revistas e, ainda, levantar questionamentos mesmo fora das aulas. O interesse, a curiosidade, a vontade de conhecer e conversar sobre o assunto, a capacidade de relacionar mais de um tema científico ou de aplicar um conhecimento em diferentes situações aconteceu de forma natural, o que me impulsionou a procurar compreender o que havia de fato estimulado o interesse dos alunos e possivelmente facilitado sua aprendizagem.

Comecei, então, a pensar sobre as possíveis vantagens pedagógicas de se trabalhar os conteúdos científicos em uma abordagem que incorporasse suas dimensões histórica, social e cultural. Nasceu, assim, a proposta de trabalho que desenvolvemos neste Programa de Pós-Graduação. Ela visa a trabalhar conceitos científicos a partir de sua construção histórica, social e cultural, articulando-os com suas aplicações e perspectivas na sociedade atual, focando o tema Radioatividade.

Apresentamos, então, no capítulo 1, a problemática sentida e o problema de pesquisa. No capítulo 2, discutimos os referenciais teóricos que norteiam o trabalho. No capítulo 3, é feita a apresentação da escola, do perfil do aluno e do que pudemos descobrir sobre a interação dos discentes com o ensino escolar de Química através da aplicação de questionários. O capítulo 4 trata do detalhamento da proposta desenvolvida. No capítulo 5, apresentamos alguns resultados do trabalho e sua análise e, por fim, fazemos nossas considerações finais.

## **O problema de pesquisa**

Articulando os desafios concernentes ao ensino de ciências com aqueles relativos ao nosso modelo educacional atual, como propor uma abordagem de ensino que leve em conta a necessidade de ruptura com uma visão positivista e cientificista dominante de ciência, que possibilite aos alunos adquirir conhecimentos relevantes para a sua vida e que seja viável no contexto real da escola, tendo como foco o tema Radioatividade?

## **CAPÍTULO 1**

### **BUSCANDO CAMINHOS**

Na tentativa de propiciar aos alunos uma melhor compreensão da natureza da ciência no ensino de Química em Nível Médio, visando uma ruptura com uma visão positivista e cientificista da ciência, buscamos, na literatura, pressupostos norteadores para uma prática docente coerente com tais objetivos e de possível implementação no contexto real da escola, isto é, com todos os seus desafios e com toda a sua dinamicidade.

Inicialmente, analisamos o que está proposto no mais recente documento oficial destinado ao Ensino Médio de Química, as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (BRASIL, 2006). De acordo com ele, espera-se que os conhecimentos químicos constituam ferramentas úteis que auxiliem ao cidadão na interpretação do mundo e na ação responsável perante a realidade.

Para tanto, o ensino de Química não pode ficar restrito a fórmulas e conceitos. Não pode, ainda, permanecer unicamente nos domínios da própria Química, sem que haja uma articulação entre os conhecimentos científicos e tecnológicos e as questões sociais e ambientais. Assim, o documento citado claramente aponta a necessidade de uma abordagem que privilegie as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS).

Ao tratar dos objetivos do ensino de Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias, as Orientações Curriculares para o Ensino Médio apontam que,

no conjunto, a área corresponde às produções humanas na busca da compreensão da natureza e de sua transformação, do próprio ser humano e de suas ações, mediante a produção de instrumentos culturais de ação alargada na natureza e nas interações sociais. (2006, p. 102).

Para que isso seja possível, são sugeridos temas interdisciplinares, principalmente entre as disciplinas da área (Biologia, Química, Física e Matemática), abordando os conteúdos de forma contextualizada, mantendo as especificidades de cada uma das disciplinas, mas permitindo o diálogo entre elas.

No documento, é explicitada também a importância da postura do professor nesse processo, focando o contexto real, as situações oriundas da vivência do aluno, os fenômenos naturais e artificiais e suas aplicações tecnológicas. Contudo, consideramos a possibilidade de extrapolar o campo da área específica e estabelecer o diálogo com outras disciplinas de outras áreas que nos trazem saberes diferenciados daqueles do campo das ciências, favorecendo, talvez, uma integração ainda mais rica entre CTS.

Considera-se, portanto, que o ensino de Química deve propiciar ao aluno tanto a compreensão dos processos químicos em si quanto as devidas articulações de uma construção inserida em um meio cultural e natural, quais sejam ambientais, econômicas, éticas, políticas, científicas e tecnológicas. Tal ensino não pode ocorrer desvinculado de uma perspectiva que permita a compreensão de as teorias são “construções humanas, e, por isso, sempre históricas, dinâmicas, processuais, com antecedentes, implicações e limitações” (BRASIL, 2006. p. 124). Entretanto, de maneira geral, em grande medida, o ensino vem acontecendo de forma disciplinar.

Logo, as Orientações Curriculares para o Ensino Médio enfatizam a importância de uma abordagem contextualizada que leve em conta tanto as questões históricas e culturais envolvidas nos processos de construção do conhecimento quanto o modo como os conhecimentos científicos e tecnológicos são aplicados socialmente. Assim, é possível discutir as implicações em diferentes níveis das relações entre CTS. Desta forma, pretende-se permitir ao aluno dar maior significado aos conceitos científicos, humanizando o ensino de ciências e tornando-o efetivamente instrumento útil no exercício da cidadania.

Tomando como base, portanto, as Orientações mencionadas, direcionamos a revisão bibliográfica para os trabalhos que enfocam o ensino de Ciências na perspectiva CTS<sup>7</sup>, para a História e a Filosofia da Ciência (HFC) e para a Radioatividade.

### 1.1 Ciência, Tecnologia e Sociedade

O chamado movimento CTS surgiu, segundo Waks<sup>8</sup>, citado por Santos e Mortimer (2000), a partir da tomada de consciência com relação a diversos problemas, de ordem ambiental e ética, principalmente após a Segunda Grande Guerra. Tais problemas envolvem questões relativas à qualidade de vida, à degradação ambiental, à crescente industrialização, à necessidade de participação popular nas decisões públicas centradas nas mãos de poucos e aos “receios e frustrações quanto aos excessos tecnológicos” (p. 136).

Das inquietações provocadas por tais questões, surge a necessidade de formar o cidadão em ciência e tecnologia, perspectiva completamente diferente da que vinha ocorrendo com o cientificismo. Essa corrente foi a motivadora do surgimento do movimento CTS, o qual teve início nos Estados Unidos e na Europa e se estendeu por Canadá e Austrália, países industrializados onde havia demanda, portanto, por um conhecimento científico e tecnológico. Contudo, essa demanda existia não apenas no sentido utilitário de tal conhecimento, mas, também, no sentido de avaliar criticamente seu papel na sociedade. (SANTOS e MORTIMER, 2000).

Segundo Krasilchik (1996), as concepções educacionais vigentes no Brasil foram influenciadas fortemente pelas investigações, teorias e métodos desenvolvidos na Europa e na

---

<sup>7</sup> Na literatura mais moderna, passou-se a utilizar o termo CTSA, inserindo explicitamente as questões ambientais nas discussões a respeito das articulações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS).

<sup>8</sup> WAKS, I. J. (1990). Educación em ciência, tecnologia y sociedad: Orígenes, desarrollos internacionales y desafios actuales. In: MEDINA, M., SANMARTIN, J. (Eds). *Ciencia, tecnologia y sociedad: estudios interdisciplinarios em la universidad, em la educacion y em la cuestión política y social*. Barcelona, Anthropos, Leioa: Universidad Del País Vasco.

América do Norte. Assim, tanto no exterior quanto, mais tarde (por volta da década de 80), no Brasil, começaram a surgir projetos e materiais de ensino construídos em uma perspectiva CTS. Além disso, o movimento ganhou lugar nas recomendações curriculares, nas pesquisas em ensino de Ciências, em congressos e em publicações da área de ensino de Ciências, para falar apenas da área educacional (SANTOS e MORTIMER, 2000).

Posteriormente, com o agravamento das questões ambientais e a tomada de consciência por parte da população e das autoridades mundiais em diferentes níveis acerca das possíveis conseqüências da degradação ambiental corrente, introduziu-se, de maneira explícita, a questão ambiental. Foi então que alguns passaram a denominar o movimento como Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA).

Como proposição aceita internacionalmente, entendemos o conceito de “ambiente” não apenas como entorno físico natural, mas, também, como o meio construído e os aspectos sociais, culturais e políticos com ele inter-relacionados (CABRAL, 2002). Por isso, em nosso entendimento, não há necessidade de acrescentar o termo “ambiente” ao movimento, uma vez que as discussões ambientais são inerentes à sociedade, já estando contempladas, portanto, na designação CTS.

Santos e Mortimer (2000), assim como Pinheiro, Silveira e Bazzo (2007), consideram, ainda, que investigações na Filosofia e na Sociologia da Ciência, de natureza epistemológica, tiveram grande contribuição no surgimento do movimento CTS. De fato, consideramos que, para que ocorra uma melhor compreensão das relações CTS, é necessário, igualmente, uma compreensão histórica e epistemológica da Ciência.

Ainda de acordo com Santos e Mortimer (2000), a falácia do mito cientificista vem sendo demonstrada por trabalhos relacionados à Filosofia e à Sociologia da Ciência, levantando discussões acerca da não existência da neutralidade e da eficiência da Ciência na resolução dos grandes problemas da humanidade. Se inicialmente houve esperança no

progresso científico tecnológico como forma de resolver os problemas da humanidade, percebe-se, hoje, que tal progresso interfere de forma significativa nas questões ambientais. Uma vez que o uso e a preservação do ambiente envolvem assuntos éticos e sociais, não é mais possível admitir discussões sobre ciência sem que ela esteja incorporada aos aspectos sociais e ambientais.

Contudo, a nosso ver, isso não vem ocorrendo de forma sistemática na escola. Continuamos priorizamos fórmulas e cálculos em detrimento de atividades que permitam ao aluno identificar e discutir as relações CTS, visando a formá-lo para o exercício da cidadania.

A proposta, então, de uma abordagem CTS está ligada à necessidade da sociedade contemporânea de que o cidadão nela inserido seja científica e tecnologicamente alfabetizado. Tal alfabetização pretende dotar o indivíduo das representações necessárias para compreender, agir e tomar decisões responsáveis quanto às questões ligadas aos conhecimentos científicos e tecnológicos. Está em jogo, também, a possibilidade desejável de ampliação do poder de decisão, geralmente centrado nas mãos de um grupo restrito de pessoas, para que haja uma sociedade cientificamente e tecnologicamente alfabetizada.

Santos e Mortimer (2000) apresentam uma série de autores que buscam uma significação para o que se refere à ênfase curricular CTS. As definições apresentadas não se tornam divergentes por apresentarem algumas variações, mas, complementares. Neste trabalho, optamos pela caracterização de CTS trazida pelos estudiosos e atribuída a Hofstein, Aikenhead e Riquarts<sup>9</sup> como sendo o

ensino do conteúdo de ciência no contexto autêntico de seu meio tecnológico e social, no qual os estudantes integram o conhecimento científico com a tecnologia e o mundo social de suas experiências do dia-a-dia. (p. 136).

---

<sup>9</sup> HOFSTEIN, A., AIKENHEAD, G., RIQUARTS, K. (1988). *Discussions over STS at the fourth IOSTE symposium*. International Journal of Science Education, v. 10, n. 4, p. 357-366.

Ainda segundo Santos e Mortimer (2000), isso equivaleria

a uma integração entre educação científica, tecnológica e social, em que os conteúdos científicos e tecnológicos são estudados juntamente com a discussão de seus aspectos históricos, éticos, políticos e sócio-econômicos. (p. 136).

Nos trabalhos desenvolvidos com ênfase em CTS, a ciência é vista como uma construção humana, dinâmica, provisória e falha. Também como uma dimensão da cultura humana, sem assumir posição hierárquica privilegiada em relação às demais formas de conhecimento. Assim, a tecnologia deixa de ser vista como mera aplicação do conhecimento científico e passa a ser entendida como um conjunto de atividades humanas que visam à construção de artefatos e que faz uso de um sistema próprio de símbolos, máquinas e instrumentos, através de um conhecimento sistematizado.

A sociedade, juntamente com as questões ambientais, dá significado ao conhecimento científico e tecnológico, pois é aí que se dá a problematização (SANTOS e MORTIMER, 2000). Esse conceito de ciência e de seu ensino é claramente contrária àquela inicialmente apresentada como a mais comum em nossa sociedade e na escola, e pode constituir um caminho viável em nossa busca pela melhoria na qualidade do ensino de Química.

Contudo, os autores também explicam que críticas a esse tipo de abordagem existem. Talvez a principal delas seja a dificuldade da real utilização dos conceitos científicos na resolução dos problemas. Isso ocorre porque, na realidade, podem existir diferentes modelos conceituais aplicáveis à resolução de um mesmo problema, ou, ainda, por bastar a utilização do senso comum na resolução de muitos problemas, sem que seja necessária a utilização dos conhecimentos científicos. Porém, os pesquisadores afirmam que o reconhecimento desses limites no trabalho em uma perspectiva CTS é benéfico, pois evita a ilusão de que, de alguma

forma, a ciência poderá “informar todas as nossas decisões”, o que seria um pensamento cientificista.

Em artigo mais recente, Santos (2007) reafirma a relevância dos currículos CTS no ensino de Ciências, chamando a atenção para a necessidade de contextualização dos conteúdos e de abordagens interdisciplinares. Para ele, é necessário que ocorra o que chama de alfabetização científica crítica. Caracterizada pelo questionamento aos modelos e valores de desenvolvimento científico e tecnológico na sociedade atual, essa alfabetização poderia favorecer a mudança social, em contraposição a uma visão reducionista da alfabetização científica alicerçada nos mitos da superioridade das decisões aristocráticas, da perspectiva salvacionista da ciência e do determinismo tecnológico, que contribuem para a manutenção de uma concepção de neutralidade da Ciência.

O autor analisa, também, o desenvolvimento de trabalhos na área, alertando novamente para o fato de não se poder esperar que um currículo ou proposta CTS traga garantias de resolução dos problemas no ensino de Ciência. Ele cita Fracalanza<sup>10</sup>, afirmando que muito se tem avançado nas pesquisas, porém, pouco na prática quando o assunto é CTS.

Das idéias de Santos, compartilham Pinheiro, Silveira e Bazzo (2007). Eles acrescentam a idéia de diferentes modalidades de tomada de decisão na sociedade, mostrando que diversos segmentos sociais podem ser atores neste processo, contrapondo-se à idéia de que apenas um pequeno grupo será capaz de avaliar adequadamente as variáveis científicas necessárias à tomada de decisão. Segundo os autores, nesse

encaminhamento, o ensino-aprendizagem passará a ser entendido como a possibilidade de despertar no aluno a curiosidade, o espírito investigador, questionador e transformador da realidade. (2007, p. 5).

---

<sup>10</sup> FRACALANZA, H. O ensino de ciências no Brasil. In: FRACALANZA, H; MEGID NETO, J. (orgs). *O livro didático de Ciências no Brasil*. Campinas: Editora Komedi, 2006.

Ricardo (2007) chama a atenção para as dificuldades a serem vencidas na implantação de propostas CTS em contextos normais de Educação Formal. Considera que ainda há necessidade de um aprofundamento didático para que as práticas com enfoque CTS estejam efetivamente presentes nas salas de aula, e não apenas em períodos excepcionais, quando ocorrem. Ele defende que as relações CTS vão muito além das dimensões da escola e afirma que, muitas vezes, fatores externos ao contexto de Educação Formal, como, por exemplo, a mídia, são muito mais fortes no sentido de influenciar o cidadão no processo de tomada de decisão, pois essas relações têm dimensões muito maiores e mais abrangentes do que o que se pode perceber no contexto escolar. O autor sugere que essa é uma primeira dificuldade a ser vencida. Ele diz ser que deve haver uma reorientação nos saberes ensinados e nas práticas docentes, sem a qual poderia ocorrer apenas uma simples transposição da sigla CTS para a escola sem que, de fato, ela represente as relações reais entre Ciência, Tecnologia e Sociedade.

Ao passarem por um processo de “didatização”, os saberes sofrem uma transformação e são exilados de suas origens e desatrelados de seu contexto histórico. Assim, descobrir quais saberes devem ou podem ser transpostos para a sala de aula em uma educação CTS exige cuidado. Isso constitui uma segunda dificuldade, agravada pela atual estrutura escolar, que “obriga” professores e alunos a rotinizarem sua prática, não refletindo adequadamente sobre ela (RICARDO, 2007).

Uma terceira dificuldade, ainda segundo o mesmo autor, estaria relacionada ao fato de Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente serem entendidos como instâncias produtoras de saberes a serem transpostos para a Educação Formal ou, então, se apenas Ciência e Tecnologia seriam referências dos saberes escolares, enquanto Sociedade e Ambiente seriam as fontes dos temas a serem trazidos como problemas. Segundo o pesquisador, atualmente

tem prevalecido, nos trabalhos com enfoque CTSA, a segunda opção, a qual parece estar de acordo com as idéias de Santos e Mortimer (2000).

Outra dificuldade apontada por Ricardo (2007) seria o livro didático, que, freqüentemente, acaba servindo de obstáculos para a aproximação do educando com o “Mundo, o Universo e a Vida em função de sua forma excessivamente artificial”. (p. 9).

Ainda para Ricardo (2007), embasado em Martinand<sup>11</sup>, além de contribuir para que o cidadão seja capaz de tomar decisões coerentes e responsáveis, o ensino CTS traria subsídios para “apoiar orientações e escolhas profissionais, aproximar os alunos do mundo tecnológico, de técnicas de informação ou ainda de uma pedagogia de ação” (p. 8).

Na revisão bibliográfica, notamos que todos os autores citados até agora, de alguma forma, fazem um contraponto entre a pedagogia de Paulo Freire e os trabalhos com enfoque CTS/CTSA. Tal contraponto refere-se ao fato de que, independente do movimento CTS surgido no exterior, Paulo Freire já alertava para as necessidades de o ensino ter o papel de instrumentalizar o cidadão para as decisões cotidianas. Assim, principalmente na proposição da utilização de temas geradores nos processos de ensino e aprendizagem, as idéias de Freire têm sido associadas ao movimento CTS por alguns autores.

Apesar da posição de tais autores, em uma análise dos pressupostos para o contexto brasileiro de propostas com ênfase CTS, Auler (2007), ao articular as idéias de Freire (1999) com as práticas CTS encontradas em trabalhos no Brasil e no exterior, aponta algumas incoerências. Para ele, o balizamento entre as idéias de Paulo Freire e o ensino CTS, tal como tem sido proposto, não encontra total coerência por três motivos básicos:

*i.* na perspectiva de Freire, os temas geradores partem de necessidades do grupo, com a participação dos alunos e de toda a comunidade escolar, enquanto, nos trabalhos CTS analisados, os temas partem, na maioria das vezes, do professor;

---

<sup>11</sup> MARTINAND, Jean-Louis. *L'éducation technologique à l'école moyenne en France: problèmes de didactique curriculaire*. La Revue Canadienne de l'Enseignement des Sciences des Mathématiques et des Technologies, v.3, n.1, 2003

*ii.* na perspectiva freiriana, os temas são pontuais, dizendo respeito a problemas ou necessidades específicas da comunidade, enquanto, nos trabalhos CTS, os temas costumam ser universais;

*iii.* o tema é quem determina o currículo na perspectiva de Paulo Freire, enquanto, nas propostas CTS, em geral, os temas são escolhidos em função do currículo, ou seja, o currículo determina o tema.

Auler (2007) faz, então, uma crítica a esse modelo CTS que tem se desenvolvido no Brasil. Para ele, falta uma maior precisão conceitual e uma explicitação dos pressupostos político-pedagógicos subjacentes ao enfoque CTS. O autor sugere, então, a utilização dos pressupostos de Paulo Freire como norteadores das práticas educacionais com enfoque CTS, observadas as constatações já mencionadas.

Neste trabalho, como constatou Auler (2007), partimos do conteúdo para a definição do tema. Consideramos, contudo, que, em um mundo globalizado, diversas questões sociais são, também, de interesse global. Assim, há situações em que uma comunidade, sensível a um problema específico, parte para a investigação a fim de encontrar respostas. Em outras situações, os problemas são globais, como no caso da intensificação do efeito estufa, do destino do lixo ou da escolha entre produtos orgânicos ou convencionais.

A Radioatividade, apesar de ser um conteúdo, é também um tema. Todo ser humano está exposto a ela, e as conseqüências de sua utilização, sistematizada na forma de produção de energia, irradiação de alimentos, procedimentos médicos, etc, implica conseqüências sociais em todo o mundo, constituindo, a nosso ver, um tema de interesse global.

Quanto à fundamentação teórica do movimento CTS em Paulo Freire, concordamos com Auler (2007) quando afirma que há diferenças entre o que desenvolvemos no Brasil como abordagem CTS e o que preconiza a pedagogia de Paulo Freire.

Consideramos, porém, que, ao tratarmos de assuntos de interesse global, pelos motivos já citados, pode-se pensar em uma aproximação entre o que se tem desenvolvido em termos de trabalho CTS no Brasil e algumas das idéias de Paulo Freire naquilo que se refere ao trabalho com temas geradores em uma perspectiva dialógica. Isso pode ser possível desde que haja um compromisso do professor com tais idéias na condução dos trabalhos.

## **1.2 História e Filosofia da Ciência (HFC) e o ensino de ciências**

Conforme discutido no capítulo anterior, uma visão de ciência positivista e empirista tem sido disseminada das mais diversas formas. Podemos vê-la, por exemplo, nos filmes, nos comerciais de TV e na mídia em geral, mas também podemos encontrá-la nos livros didáticos, em cursos de formação de professores e na postura que o professor assume diante de seus alunos como “o porta-voz oficial da ciência” em sala de aula. Tudo isso tem favorecido a manutenção de uma visão de ciência como algo superior, talvez inatingível, quase sagrado, na qual os laboratórios podem ser tidos como verdadeiros templos e os cientistas, como sacerdotes do saber verdadeiro.

Por outro lado, discussões acerca da filosofia e da epistemologia da ciência têm debatido tais questões e apontado outros caminhos. Nesse sentido, destacamos as idéias de Popper, que defende a construção científica a partir de um raciocínio hipotético dedutivo em contraposição àquele empirista positivista tradicionalmente presente em grande parte dos livros didáticos de ciências (POPPER, 1993).

Segundo o autor, o conhecimento científico não pode ser entendido como “verdade”, uma vez que não há como verificar a validade de uma teoria científica, sendo possível apenas refutá-la. Assim, uma teoria científica ganha força na medida em que as tentativas de refutá-la não são bem sucedidas, o que as corrobora. Nesse caso, percebe-se que

teorias científicas não podem ser comprovadas, mas apenas corroboradas na medida em que não se consegue refutá-las (POPPER, 1993). Nas palavras de Popper<sup>12</sup>, citado por Silveira (1991),

não há estrada, real ou como seja, que leve da necessidade de um ‘dado’ conjunto de fatos específicos a qualquer lei universal. O que chamamos ‘leis’ são hipóteses ou conjecturas que sempre fazem parte de algum sistema de teorias mais amplo (de fato, de um horizonte inteiro de expectativas) e que, portanto, não podem ser testadas em isolamento. O progresso da ciência consiste de experiências, de eliminação de erros, e de mais tentativas guiadas pela experiência adquirida no decorrer das tentativas e dos erros anteriores. Nenhuma teoria em particular pode, jamais, ser considerada absolutamente certa; cada teoria pode tornar-se problemática, não importa quão bem corroborada possa parecer agora. Nenhuma teoria científica é sacrossanta ou fora de crítica. (p. 67).

Silveira (1991) também informa que, “no pensamento indutivista, o que importa é a verificação, pois, através dela, poder-se-ia saber se uma teoria é verdadeira ou pelo menos provável” (p.66). Mas, para Popper, “as severas tentativas de refutar uma teoria e que resultaram em corroboração são as que realmente importam” (p.66). A partir de tais idéias, sugerimos que o ensino de Ciências seja desenvolvido sobre a visão de que a ciência não é detentora da verdade absoluta, nem tão pouco institui um ramo do conhecimento fundamentado em dogmas, mas que constitui uma dentre muitas maneiras de interpretar os fenômenos naturais, possuindo caráter mutável e falível.

Tais idéias de Popper nos parecem mais coerentes com o processo de construção do conhecimento científico. Do contrário, para que ensinar aos alunos do ensino médio os modelos atômicos de Dalton e Thomson, por exemplo? Se tais teorias são limitadas, por que não falarmos apenas do modelo atual? A importância está em, a partir da construção histórica do modelo atômico, compreender como ocorre a construção do conhecimento científico,

---

<sup>12</sup> POPPER, K. R., *O Balde e o Olofote: duas teorias do conhecimento* (1975); p. 330. Discurso proferido em 1948.

compreender quais as demandas de conhecimento que geraram cada um dos modelos e como eles têm sido refutados ou corroborados ao longo do tempo.

Outro importante filósofo da Ciência, Thomas Kuhn, apesar de ter uma visão diferente da popperiana acerca de como se constrói o conhecimento científico, traz, como fundamentalmente importante no processo de investigação epistemológica da Ciência, a análise histórica. Em suas palavras, “se a história fosse vista como um repositório para algo mais do que anedotas ou cronologias, poderia produzir uma transformação decisiva na imagem de ciência que atualmente nos domina.” (2007, p. 19).

Não pretendemos, aqui, discorrer sobre a visão popperiana ou kuhniana de Ciência ou sobre a dinâmica de construção de seus conceitos ou critérios de demarcação. Apenas desejamos deixar claro que, em uma filosofia da ciência mais contemporânea, ainda que não se abra mão da razão, a Ciência passa a ser entendida dotada de um caráter de provisoriedade e de falibilidade, que, em grande medida, é determinado por análises históricas. No entanto, essa visão, em geral, ainda não chegou à sala de aula.

Diante disso, consideramos também necessário que o professor incorpore tal visão em suas concepções sobre Ciência para que essa possa se fazer presente em sua prática docente, condição que consideramos fundamental para que o ensino de ciências ocorra com uma premissa de qualidade.

Assim, partindo do princípio de que um dos objetivos do ensino de ciências é proporcionar a alfabetização científica, vemos a necessidade de traçar estratégias que permitam ao aluno articular as concepções que já têm sobre os fenômenos àquelas que lhes são apresentadas nas aulas de ciências. Nesse sentido, uma alternativa pode ser a inserção de aspectos de História, Filosofia e Sociologia da Ciência no ensino de ciências, de forma a apresentar o conhecimento científico como uma produção cultural, sujeita, como qualquer

outro ramo da construção humana, a influências diversas de aspectos sociais, políticos, éticos, econômicos e até mesmo pessoais, entre outros. Segundo Matthews <sup>13</sup>, em Barra (1998),

um professor de ciências histórica e filosoficamente instruído pode ajudar os seus alunos a compreender exatamente como a ciência apreende e não apreende o mundo real, subjetivo e vivido. Um professor sem essa instrução deixa os estudantes com a infeliz escolha entre rejeitar, por ser uma fantasia, ou o seu próprio mundo ou o mundo da ciência. (p. 15).

Ainda segundo Matthews (1995), um ensino de ciências calcado em uma perspectiva que leve em conta a história, a filosofia e a sociologia (HFS) da ciência não terá todas as respostas para os problemas concernentes ao ensino de ciências, porém, pode trazer muitas contribuições, tais como: humanizar as ciências; aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade; tornar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas; permitir o desenvolvimento do pensamento crítico; contribuir para um entendimento mais integral da matéria científica.

Neste contexto, não é possível deixar de citar Japiassu (1999), para quem “um dos antídotos contra o dogmatismo do ensino das ciências consiste em ensiná-las em sua história” (p. 104).

Na perspectiva da formação de professores, destaca-se o auxílio, em uma abordagem HFC do ensino de ciências, no desenvolvimento de uma compreensão da epistemologia da ciência que favoreça o entendimento dos mecanismos de construção do saber científico e do espaço que ocupa na cultura humana.

Tal abordagem caracteriza-se não pela inserção de um tópico de História, Filosofia e Sociologia da Ciência nos currículos de ciências, mas é desejável que tais aspectos sejam naturalmente parte dos temas tratados nas aulas e não apenas “curiosidades” que permeiam os rodapés dos livros didáticos de ciências, ou algo semelhante. O que defendemos é uma

---

<sup>13</sup> MATTHEWS, M. R., *Science Teaching: The role of history and philosophy of science*. New York, Routledge, 1994.

abordagem contextualizada do ensino de ciências, que contribua para a construção de uma visão humanista e dinâmica da natureza do conhecimento científico.

Há, porém, críticas a essa proposta. Elas se baseiam principalmente em dois argumentos. O primeiro deles é o de que se ensina uma história diferente da verdadeira. Muitas vezes, com o objetivo de dar ênfase a aspectos específicos do que se quer ensinar admite-se até mesmo a distorção proposital da história (KLEIN<sup>14</sup> e WHITAKER<sup>15</sup>, citados por MATTHEWS, 1995). O outro é de que com uma visão clara, por parte dos alunos, daquilo que Kuhn chamou de mudança de paradigmas e revolução científica, a crença no paradigma atual se enfraqueceria, prejudicando o ensino de ciência.

Contudo, compartilhamos com Matthews (1995) a idéia de que a crença em uma ciência que não se apresente com tais características históricas, filosóficas e sociais seria a crença em uma pseudociência. Consideramos, ainda, que, se julgarmos danosa a abordagem HFC do ensino de ciências por entendermos que não existe História, senão aquela contada pelo historiador, estaríamos renegando o espírito crítico que tanto desejamos que nossos alunos desenvolvam, por não considerá-los capazes de aprender a ler criticamente quaisquer aspectos históricos, filosóficos ou sociais que se lhes apresente.

Podemos, ainda, argumentar em favor da abordagem HFC para o ensino de ciências que, se tais críticas forem consideradas de forma radical, qual seria o destino do ensino de História como componente curricular? De fato, toda história é contada a partir do olhar do historiador, porém, a nosso ver, este é um fato inerente à História, que não renega em nenhuma hipótese o seu valor. Fato é que pesquisas têm mostrado que a abordagem HFC tem trazido avanços no ensino de ciências e contribuído em alguns casos para motivar os alunos (MATTHEWS, 1995; PEDUZZI, 2001). Em linha semelhante de raciocínio, Japiassu (1999)

---

<sup>14</sup> KLEIN, M. J., 'Use and Abuse of Historical Teaching In Physics', in S. G. Brush & A. L. King (eds.) *History in the Teaching of Physics*, University Press of New England, Hanover, 1972.

<sup>15</sup> WHITAKER, M. A. B., 'History and Quasi-history in Physics Education Pts I, II', *Physics Education* n. 14 p. 108-112, 239-242, 1979.

considera que “a história das ciências não consegue provocar conversões ou subversões. Mas constitui certamente um fator de renovação de seu ensino e de desenvolvimento das potencialidades críticas dos estudantes”. (p. 105).

Pretendemos esclarecer que, no que tange a uma abordagem de filosofia da ciência, não estamos propondo a relevância de discutir em nível médio nas aulas de Química as idéias dos principais filósofos da ciência e aprofundar em uma análise crítica sobre elas. No entanto, interessa, sim, mostrar, em nossa abordagem dos conteúdos de ciências, que existem visões distintas sobre o fazer científico, e que tais visões têm permeado as concepções acerca da natureza da ciência ao longo do tempo.

A filosofia da ciência teria, aqui, um papel de contribuição no sentido de proporcionar uma visão de ciência mais humana, cooperativa, dinâmica e mutável em contraposição àquela visão de ciência dogmática discutida inicialmente.

A importância dos aspectos históricos, filosóficos e sociais não pode ser negada nem no contexto de produção de conhecimento científico nem na própria evolução do ensino de um modo geral e do ensino de ciências em particular. Segundo Santos (2007), o contexto sócio-histórico tem influenciado nas mudanças ocorridas nas ênfases curriculares propostas pelos educadores em ciências.

Em Nardi (2005), vemos que o ensino de ciências no mundo e também no Brasil foi influenciado por demandas sociais e contextos históricos específicos. Como exemplos, podemos citar a educação voltada para a formação de cientistas, visão científicista, nas décadas de 60 e 70, inicialmente nos Estados Unidos e com reflexos no Brasil, e o ensino com abordagem CTS, a partir das décadas de 70 e 80, advindos das necessidades da era tecnológica.

Ainda é possível citar o surgimento das demandas relacionadas aos problemas ambientais e sua influência no ensino, que se iniciou com os debates sobre a necessidade de

uma Educação Ambiental e com a presença da mesma nas diretrizes oficiais para o ensino, como os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (Brasil, 1999). Assim, o contexto histórico e social em um dado momento tem influenciado e até direcionado os caminhos seguidos pela humanidade em todos os seus domínios, inclusive na Ciência e no ensino de ciências.

Portanto, propomos que o ensino ocorra em uma perspectiva cultural, não alheio aos aspectos da história, filosofia e sociologia da ciência, sob pena de estarmos optando por um ensino frágil, fragmentado, destituído de seu caráter humano e, muitas vezes por isso mesmo, alheio aos interesses dos estudantes.

### **1.3 Abordagem CTS e relação HFC**

Se, por um lado, o ensino de ciências, desarticulado dos aspectos históricos e culturais nos quais a ciência se dá, corre o risco de ser frio, impessoal e dogmático, de outro, esse ensino desarticulado dos aspectos tecnológicos e sociais atuais, perde, também, o seu objetivo de promoção da alfabetização científica.

Retomando a idéia de Nardi (2005), de que a ênfase dos currículos de ciência tem mudado em função de demandas históricas e sociais, vemos que tais demandas deram origem ao movimento CTS. Esse movimento surge, segundo Aikenhead <sup>16</sup>, em Santos (2007), pelas pressões sociais de diferentes naturezas, desde as econômicas até as práticas.

Tais demandas se justificam, entre outros fatores, pela influência causada pelo avanço tecnológico nas relações ambientais, econômicas, sociais, éticas e políticas, as quais têm mostrado que a ciência pela ciência não se justifica e que, apesar de uma aparência

---

<sup>16</sup> AIKENHEAD, Glen S. STL and STS: common ground or divergent scenarios? In: JENKINS, Edgar (Ed.). *Innovations in science and technology education*, vol. VI. Paris: UNESCO Publishing, 1997. p. 77-93.

objetiva e neutra, os fatos da ciência são construídos socialmente (LATOUR e WOGLAR<sup>17</sup>, citados por SANTOS e MORTIMER, 2000). Nas palavras de Latour (2000), a ciência

tem uma qualidade que depende crucialmente de fatores como local, oportunidade e estimativa do mérito das pessoas e daquilo que elas estão dizendo. (p. 23).

As pesquisas têm conduzido à idéia de que é fundamental a compreensão da natureza da ciência para que se possa entender as relações entre ciência, tecnologia e sociedade, (AIKENHEAD, 1985<sup>18</sup> e 1994<sup>19</sup>; LAYTON, DAVEYE e JENKINS<sup>20</sup>; RAMSEY<sup>21</sup>; SOLOMON<sup>22</sup>; e STIEFEL<sup>23</sup>, em SANTOS e MORTIMER, 2000). Para tanto, conforme proposto por Matthews (1995) e também por Santos e Mortimer (2000), justifica-se a necessidade de inserção dos aspectos HFC no ensino de ciências.

Percebemos, então, que a proposta CTS se conjuga com uma abordagem HFC no ensino de ciências e ambas convergem para um ensino de ciências que favoreça a alfabetização científica. A articulação de discussões sobre aspectos da história, filosofia e sociologia da ciência apresentam-se como requisitos necessários a uma real abordagem CTS, que promova a compreensão da ciência, tecnologia e sociedade como dimensões que se relacionam e se influenciam mutuamente.

Essa visão tem se mostrado consensual entre a maioria dos pesquisadores em ensino de ciências, de forma que estão presentes nitidamente nos documentos oficiais atuais, como os

---

<sup>17</sup> LATOUR, B. WOGLAR, S., A vida de laboratório: a produção dos fatos científicos. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 1997.

<sup>18</sup> AIKENHEAD, G. S., Collective decision making in the context of science. *Science Education*, v. 69, n. 4, 1985.

<sup>19</sup> AIKENHEAD, G. S., What is STS science teaching? In: SOLOMON, J., AIKENHEAD, G. STS education: international perspectives on reform. New York: Teachers College Press, p. 47-59, 1994

<sup>20</sup> LAYTON, D., DAVEY, A. JENKINS, E., Science for specific social purposes (SSSP): perspectives on adult scientific literacy. *Studies in Science Education*, n. 13, p.27-52, 1986.

<sup>21</sup> RAMSEY, J., The science education reform movement: implications for social responsibility. *Science Education*, v. 77, n. 2, p. 235-258, 1993.

<sup>22</sup> SOLOMON, J., Teaching science, technology and society. Buckingham: Open University Press, 1993.

<sup>23</sup> STIEFEL, B. M., La naturaleza de la ciencia en los enfoques CTS. *Alambique didáctica de las ciencias experimentales*, v. 2, n. 3, p. 19-29, 1995.

PCN (BRASIL, 1999) e PCN + (BRASIL, 2002). Tais documentos sugerem a contextualização dos conteúdos de ciências com a finalidade de aquisição de competências ligadas aos conhecimentos científicos inseridos em processos históricos, sociais e culturais, além dos aspectos práticos e éticos necessários às demandas do mundo contemporâneo que incluem uma educação tecnológica (SANTOS e MORTIMER, 2000). Esse enfoque propõe combater o que pesquisas têm chamado de “visão deformada de ciências” (CACHAPUZ et al., 2004).

Para Japiassu (1999), o ensino de ciências deveria levar os alunos a compreender os “desafios sociais da Ciência” (p. 33). Então, ele propõe que “nada permaneça puramente escolar, nada seja experimentado como estranho à sua vida própria ou constitua objeto frio de memorização” (p. 33). Ou seja, é desejável que o ensino de ciências ocorra de forma que privilegie uma concepção crítica da Ciência e, pela aprendizagem, o aluno analise a atuação da Ciência e suas implicações no que se refere às suas relações com a tecnologia, a sociedade e o meio ambiente.

Mais uma vez, uma perspectiva de abordagem HFC para o ensino de ciências aparece como necessária à abordagem CTS, para que se favoreça inicialmente a compreensão da natureza da Ciência, para, a partir daí, a aprendizagem de seus conceitos e leis ganhar sentido nas articulações CTS.

#### **1.4 A questão da interdisciplinaridade**

Ao abordar um ensino de ciências levando em conta os pressupostos da História e da filosofia da Ciência e as relações CTS, não há como não tratar da questão da interdisciplinaridade. Nesse contexto, ela se torna inerente ao processo. Assim, o que

chamamos aqui de interdisciplinaridade extrapola a dimensão da conceituação teórica e assume um caráter de prática pedagógica (JAPIASSU, 1976). Logo, a interdisciplinaridade,

em primeiro lugar, aparece como uma prática individual: é fundamentalmente uma atitude de espírito, feita de curiosidade, de abertura, de sentido da descoberta, de desejo de enriquecer-se com novos enfoques, de gosto pelas combinações de perspectivas e de convicção levando ao desejo de superar os caminhos já batidos. (...) Em segundo lugar, a interdisciplinaridade aparece como prática coletiva. (p. 82).

Nesse trecho, Japiassu discute a interdisciplinaridade inerente aos processos de pesquisa. Contudo, na Educação, consideramos que ela se dá da mesma forma, havendo primeiramente a necessidade de o indivíduo, nesse caso, o professor, perceber-se interdisciplinar, e, posteriormente, poder estabelecer diálogos com outros professores que compartilhem da mesma percepção, para construírem uma prática interdisciplinar coletiva. Ou seja, a comunicação constitui-se em um pressuposto básico para o desenvolvimento da interdisciplinaridade, conforme Fazenda (1994).

Sobre as características de um professor interdisciplinar, Fazenda (1994) considera que ele

traz em si um gosto especial por conhecer e pesquisar, possui um grau de comprometimento diferenciado para com seus alunos, ousa novas técnicas e procedimentos de ensino (...). Esse professor é alguém que está sempre envolvido com o seu trabalho, em cada um de seus atos. (p. 31).

Entendemos, então, por interdisciplinaridade, uma característica ou compromisso pessoal que se traduz através de uma prática interdisciplinar. Consideramos, assim, necessária a existência de pessoas, de professores e professoras adeptos à introdução de atividades interdisciplinares nas escolas, para que, a partir daí, possam existir trabalhos ou projetos interdisciplinares.

Tal interdisciplinaridade surge da necessidade de uma visão orgânica do conhecimento, que, historicamente, passou a ser cada vez mais fragmentado em suas especificidades (JAPIASSU, 1976). Na escola, a necessidade de uma postura interdisciplinar se traduz na dificuldade em formar cidadãos aptos a discernirem as questões que se colocam na sociedade moderna, globalizada, o que não se alcança com currículos organizados nas disciplinas escolares (FAZENDA, 1993).

Para Nogueira (2001), um dos problemas na interdisciplinaridade é a questão da postura. O autor defende que,

para sua prática, se faz necessária uma postura aberta para tudo e para todos, aberta aos seus saberes e aos seus **não-saberes**. (...) Sem a postura de humildade e reconhecimento dos seus não-saberes, diante de seus pares, o professor não se dispõe a realizar trocas com os demais especialistas. Sem a coragem de declarar seus não saberes e o medo de ser taxado como 'ignorante' em um determinado assunto, o professor não pede auxílio aos demais especialistas, e desta forma inviabiliza a intensidade de troca e integração. (p. 136).

Essa visão interdisciplinar é essencial em um ensino de ciências que busque a construção de uma visão de Ciência como elemento da cultura humana, dinâmica e articulada aos demais processos sociais.

### **1.5 Ensino de radioatividade**

Pelos motivos apresentados na introdução e no capítulo 1 desse trabalho, escolhemos como tema para uma abordagem CTS a Radioatividade. Assim, buscamos, na literatura, publicações educacionais acerca do tema.

Poucos trabalhos foram encontrados sobre ensino de Radioatividade nas publicações nacionais sobre ensino de ciências. Em tais publicações, encontramos quatro artigos que tratam de propostas de abordagem do tema com os alunos, além de um trabalho de mestrado,

no qual é feita uma análise da abordagem dos livros didáticos de Química para o tema Radioatividade. A seguir, apresentamos, de forma breve, o que foi encontrado.

Três artigos tratam da utilização de jogos de computador no ensino de ciências (EICHLER et al., 2005; EICLER, JUNGES e DEL PINO, 2006; e EICHLER et al., 2006). Dos três, dois discutem o mesmo jogo, chamado Cidade do Átomo. O jogo faz parte do projeto Energos (EICHLER ET AL, 2006), cujo objetivo de aprendizagem é promover o debate escolar sobre as formas de produção de energia elétrica. No referido projeto, jogos foram desenvolvidos para promover o debate de diversas formas de produção de energia, sendo o segundo jogo o que trata da produção de energia elétrica a partir de usinas nucleares.

Cidade do Átomo é analisado detalhadamente por Eichler, Jungs e Del Pino (2006), sendo apresentado como uma estratégia que permite “qualificar as opiniões dos estudantes sobre esse assunto”(p. 18). Segundo os autores, a

utilização da energia nuclear na produção de energia elétrica é um tema em constante debate. As opiniões encontradas nos meios de comunicação são contraditórias e, muitas vezes, controversas. Talvez por isso, seja um assunto de contínuo interesse por parte dos estudantes. Entretanto, as abordagens livrescas de ensino, muitas vezes, não parecem suficientes para qualificar as opiniões dos estudantes sobre esse debate. (p.18).

A percepção dos autores sobre o interesse dos alunos quanto ao tema e sobre a forma como é abordado pelos livros é a mesma que a nossa. É com esses argumentos que eles justificam a importância da utilização do jogo, que permite a interpretação de papéis e o posicionamento acerca da construção fictícia de uma usina nuclear em sua cidade.

No jogo<sup>24</sup>, os alunos são solicitados a redigirem um documento endereçado ao prefeito da cidade, posicionando-se contrários ou favoráveis quanto à construção da usina, fornecendo os argumentos que fundamentem sua posição. Isso é feito após a visita virtual às

---

<sup>24</sup> O software pode ser obtido em [www.iq.ufrgs.br/aeq/cidatom.htm](http://www.iq.ufrgs.br/aeq/cidatom.htm).

instalações da usina para o conhecimento de seu sistema de funcionamento e, depois, do conhecimento das opiniões de vários cidadãos da cidade.

Em outro artigo, Eichler, Jungs e Del Pino (2005) apresentam, juntamente com o Cidade do Átomo, outro jogo, o Urânio-235, classificado como jogo de aventura. Segundo os autores, Urânio-235 apresenta os seguintes conteúdos de Química: matéria, modelos atômicos, estados físicos da matéria, misturas e separação, tabela periódica, ligações químicas, funções químicas, reações químicas e radioatividade. Ainda segundo os autores, o manual do jogo traz como finalidade “tornar os conhecimentos básicos em química uma diversão...” (p. 3).

Contudo, Urânio-235 traz alguns erros conceituais, e, na análise dos autores, pode não ser muito estimulante para os jogadores, uma vez que faz muitas exigências para, por exemplo, permitir a mudança de fases. Os autores sugerem, ainda assim, que ele pode ser uma boa estratégia de ensino e que os erros conceituais podem ser utilizados no processo de aprendizagem a partir de uma interferência estratégica do professor nesse sentido.

Em nenhum dos três artigos é mencionada a utilização dos jogos entre os alunos com análise dos resultados.

Outra estratégia de abordagem do tema Radioatividade é relatada por Samagaia e Peduzzi (2004), que se utilizaram do Projeto Manhattan como tema para um jogo de representação de papéis. Nesse caso, o jogo não é para computadores, mas um RPG (Role Play Game), jogado em sala de aula, sob o comando do professor.

Foi produzido, testado e analisado um módulo de ensino que procurou “problematizar um evento importante vinculado à Física moderna: o desenvolvimento e utilização das bombas nucleares que destruíram Hiroshima e Nagasaki” (p. 261). O projeto foi desenvolvido ao longo de 16 aulas de uma turma de 8ª série (9º ano) do Ensino Fundamental em uma escola pública de Florianópolis.

A estratégia consistia na representação de papéis, envolvia a figura de cientistas, jornalistas, políticos, além de uma comissão de representação da sociedade. Todos os envolvidos tinham a tarefa de continuamente produzir materiais escritos, que, no jogo, eram relatórios ou artigos de jornais e que serviram como material a ser analisado pela pesquisadora. Antes do início do projeto, foram ministradas aulas sobre temas relevantes na compreensão dos conceitos envolvidos no processo de tomada de decisão sobre a construção ou não das bombas, objetivo final do jogo.

Segundo Samagaia e Peduzzi (2004), a utilização do jogo de interpretação de papéis no estilo RPG foi favorável por permitir o alcance de diversos objetivos do movimento CTS, estando também de acordo com o que preconizam os PCN para o ensino de ciências.

Há, também, uma iniciativa institucional da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), que elaborou e disponibiliza em sua página na Internet<sup>25</sup> uma apostila educativa sobre diversos assuntos relacionados à radioatividade.

Nesse material, são abordados diversos temas, tais como: a descoberta da radioatividade, a natureza das emissões radioativas, os seus efeitos nos organismos vivos e as principais aplicações da Radioatividade na medicina, na indústria, na datação de fósseis, na produção de energia e na conservação de alimentos. A apostila pode auxiliar professores e alunos na construção de propostas de abordagens educacionais do tema Radioatividade e constitui fonte segura de informações por ser produzida por um órgão técnico especificamente ligado à área.

Em termos de iniciativas institucionais, há também as aulas interativas do RIVED (Rede Internacional Virtual de Educação)<sup>26</sup>. Elas são separadas por temas, disciplinas ou séries, havendo quatro aulas referentes ao tema Radioatividade:

#### 1 - Propriedades das emissões Radioativas

---

<sup>25</sup> [www.cnen.gov.br](http://www.cnen.gov.br)

<sup>26</sup> As aulas podem ser acessadas no endereço [www.rived.mec.gov.br](http://www.rived.mec.gov.br). Os softwares são interativos e podem ser utilizados diretamente na Internet ou baixados para qualquer computador.

2 - Propriedades das emissões Radioativas (poder de penetração)

3 - Tempo de meia-vida

4 - Fusão Nuclear.

Diversas informações são disponibilizadas sobre cada tema e o aluno tem a oportunidade de acompanhar animações que visam a facilitar o aprendizado. Há, ainda, a possibilidade de o aluno interagir com as animações, escolhendo materiais e realizando procedimentos. Cada um dos objetos traz um guia do professor com sugestões de abordagem, descrição de objetivos e pré-requisitos e uma janela onde o professor pode fazer comentários.

Em sua dissertação de mestrado, Sá (2006) analisa o enfoque CTS nos textos de radioatividade nos livros didáticos mais utilizados em sua região, Maringá, no Paraná. Segundo ela, o livro didático é uma das poucas fontes de consulta, e praticamente a única, dos alunos, sendo fundamental que, ao menos, sejam de boa qualidade.

Em seu estudo, ela aponta que os livros analisados estão aquém das expectativas quanto à abordagem CTS do tema. Suas atividades,

não permitem o desenvolvimento da criticidade, de espírito de busca, de atitudes para atividades em grupo, de raciocínio. Não permitem a exposição e debates de idéias, a análise sob diferentes pontos de vistas para os fenômenos ocorridos, não existem sugestões de trabalhos em equipes, que incentivem o respeito às opiniões alheias, que desenvolvam um espírito de cooperação e de respeito entre os estudantes e que, por fim, possibilitem uma tomada de decisões diante de fatos ocorridos. Os textos não propiciam o desenvolvimento de uma postura de respeito às pessoas e ao meio ambiente, deixam de abordar questões sociais, políticas e éticas, não avaliam ou propiciam uma avaliação da relação dos riscos e benefícios da energia nuclear, fazem pouca ou nenhuma referência ao cotidiano das pessoas, não sugerem pesquisa, busca, textos complementares. (p. 119).

Consideramos, ainda, que nossa realidade no DF quanto ao livro didático até o ano de 2008 de forma alguma poderia ser diferente da apresentada pela autora. A partir de 2008, começamos a receber nas escolas o livro didático de Química escolhido pelos professores entre uma relação de livros que passou por uma avaliação do MEC, que, ao menos em tese,

levou em conta as considerações levantadas pela autora como deficitárias nos materiais que analisou.

Contudo, antes de 2008, ao realizarmos as atividades de pesquisa vinculadas a esse trabalho, a realidade era a não adoção de um livro específico. Então, era solicitado aos alunos que possuíssem ao menos um livro didático para consulta, qualquer que fosse. Consideramos, por isso mesmo, que a nossa realidade quanto ao tratamento dado ao tema Radioatividade nos livros utilizados por nossos alunos não seria diferente da exposta pela autora.

Assim, a partir da revisão da literatura, encontramos nas articulações CTS uma fundamentação teórica que norteasse nossa proposta de abordagem do tema Radioatividade.

A ênfase nos aspectos relacionados à História e à Filosofia da Ciência é necessária para que se entenda a Ciência como empreendimento humano, além de inserir o conhecimento científico em suas dimensões sociais, históricas e culturais (FÁVERO, 2005). Muitas vezes esquecidas pelos livros didáticos e pelos professores, em geral, acaba-se privilegiando a dimensão empírica da ciência em detrimento das demais.

Desse modo, nossa principal preocupação foi desenvolver uma proposta constituída com base em uma abordagem temática, juntamente com a ênfase na história da construção dos conceitos e a tentativa constante de articulação dos temas científicos com as dimensões sociais e tecnológicas.

De acordo com os pressupostos encontrados nos autores citados acerca das articulações CTS, buscamos apoio na escola, e os professores de História, Filosofia e Sociologia se tornaram parceiros na aplicação da proposta que será apresentada no capítulo 4.

## **CAPÍTULO 2**

### **CONHECENDO A ESCOLA E OS ALUNOS**

Visando à elaboração de uma proposta adequada à realidade da escola e dos alunos, e também com a intenção de compreender melhor os dados obtidos, julgamos necessário expor dados sobre a escola e o perfil dos seus alunos.

Para caracterizar a escola, foram obtidas informações junto à sua secretaria, coordenação e direção. Para a coleta de dados, tomamos como referência o trabalho de Penin (1995). Na caracterização da instituição, procuramos abordar todos os aspectos de seu funcionamento, dando ênfase, contudo, aos aspectos que julgamos que, de alguma forma, poderiam interferir na aplicação de nossa proposta. Para conhecer os alunos, foram aplicados dois questionários (apêndice A) nas turmas a serem acompanhadas no processo de aplicação da proposta. Eles foram preenchidos em sala, durante a aula de Química.

#### **2.1 A escola**

Sobradinho é uma cidade satélite localizada a cerca de 25 km ao norte de Brasília, DF. Possui cerca de 160 mil habitantes e completou 48 anos em 2007, tendo apenas um ano a menos que Brasília. Nos últimos anos, Sobradinho sofreu um crescimento acelerado e desordenado, ocorrido devido às políticas públicas de assentamento de famílias de baixa renda e à ocupação irregular de terras, que deu origem a diversos condomínios na região. Esse crescimento gerou uma maior demanda pelos serviços públicos em geral, inclusive os educacionais.

A escola onde realizamos nossa proposta de trabalho situa-se em Sobradinho I. É a mais tradicional escola pública da cidade, tendo sido a primeira a oferecer ensino médio. Hoje, é a maior das três escolas que oferecem essa modalidade de ensino na cidade, além de uma quarta escola de ensino médio em Sobradinho II. No colégio, é oferecido apenas o ensino médio regular. No ano de 2007, em que aplicamos a proposta, a escola contava com cerca de dois mil alunos, em três turnos.

No mesmo ano, a instituição tinha um diretor, uma vice-diretora, dois assistentes de direção e duas coordenadoras pedagógicas trabalhando juntas no diurno, uma atendendo mais diretamente ao matutino, turno em que se deu a aplicação da proposta, e outra atendendo de forma mais direta ao vespertino.

Quanto a espaço físico e recursos, a escola contava com vinte e quatro salas de aula, uma de professores, duas para a direção, uma de coordenação pedagógica, uma mecanografia, uma de apoio para o trabalho com alunos com necessidades educacionais especiais, duas para a secretaria, uma para encarregadoria administrativa, uma para o serviço de orientação educacional, uma para o serviço de acompanhamento aos alunos faltosos, duas de artes, uma de servidores auxiliares, uma de leitura, uma de vídeo e TV além de um vídeo com TV itinerantes. Afora as salas, há um laboratório de informática, um auditório, três laboratórios de ciências (Química, Física e Biologia), uma cozinha e uma cantina.

Um pavilhão da escola (com seis salas) estava cedido para o funcionamento de uma escola de ensino fundamental (1ª fase) devido à reforma da mesma. Tal fato causou inúmeros transtornos durante o ano letivo, tendo em vista a grande diferença na natureza das atividades desenvolvidas pelas duas escolas, que por vezes tinham que utilizar o mesmo espaço, como o auditório, por exemplo.

Os laboratórios de ciências estavam em desuso devido à falta de professores. Assim, apesar das salas e dos equipamentos, os laboratórios de Física e de Biologia tornaram-se

depósitos de materiais diversos. O laboratório de Química permaneceu intacto, apesar de não utilizado sistematicamente, pois os professores da disciplina faziam uso esporádico do espaço com os alunos. O grande problema relacionado aos laboratórios é o espaço físico, que não comporta turmas de 40 alunos, média da escola, sendo necessário, para sua utilização, que as turmas sejam divididas em dois grupos, necessitando-se, assim, de dois professores, no mínimo, para cada turma/horário.

A mecanografia e a sala de leitura funcionavam razoavelmente bem. Contudo, ocorriam situações de máquinas quebradas ou falta de material, as quais costumavam ser resolvidas pela direção com a agilidade possível para os serviços públicos. Na sala de vídeo, havia um professor responsável pela manutenção de seu acervo, porém, ele não tinha capacitação específica para o trabalho e muitas vezes não sabia utilizar os equipamentos. Também não havia investimento razoável, ficando mais a cargo dos professores a busca e seleção de materiais.

O laboratório de informática não atendia os alunos de forma regular, apesar de ter conexão com a Internet. As máquinas eram obsoletas e não possuíam memória suficiente para trabalhar com a maior parte dos softwares e sites educativos solicitados pelos professores, além de não ter impressora disponível. Apesar disso, o professor do laboratório desenvolvia um trabalho na área de robótica com alguns alunos interessados. Os executores desse trabalho, professores e alunos, por vezes foram convidados a participar de eventos fora da escola, sendo, inclusive, premiados e ganhando espaço na mídia.

O Serviço de Orientação Educacional não funcionava nos turnos matutino e noturno. Havia apenas uma orientadora educacional na escola que atendia ao turno vespertino. Apesar do comprometimento das profissionais que atuavam na Coordenação Pedagógica, esse serviço não funcionava bem, uma vez que assumia, por vezes, tarefas administrativas devido à situações que se tornavam emergenciais por falta de habilidade de planejamento por parte da

direção ou da Secretaria de Educação<sup>27</sup>. Havia reuniões com todo o grupo de professores nas segundas e quartas-feiras no turno contrário ao das aulas. Reuniões das quais eu não participava devido às atividades deste Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, que ocorriam no mesmo período. Em sua maioria, os professores trabalhavam em regime de jornada ampliada, o qual é caracterizado por um período de regência de trinta horas/aulas concentradas em um turno, e outro período de dez horas/aulas de coordenação pedagógica concentrados no turno contrário.

## **2.2 O sistema de avaliação na escola**

O sistema de avaliação na escola segue o que é determinado pela Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal. Até 50% da pontuação do bimestre pode ser atribuída à avaliação individual sem consulta, isto é, prova. O restante da pontuação deve ser destinado à avaliação formativa, o que pode incluir tarefas em grupos, assiduidade, exercícios de fixação, auto-avaliações, etc.

Na escola, cada professor pode optar por atribuir a pontuação que julgar coerente à avaliação bimestral, desde que essa não ultrapasse os 50%. Tal avaliação é realizada em um momento específico do bimestre em que os alunos fazem as provas de todas as disciplinas durante quatro dias previamente determinados em calendário. Nesses dias, os alunos realizam apenas as provas e, ao seu término, são liberados. A cada dia, ocorrem três ou quatro avaliações de disciplinas diferentes escolhidas por acordo entre os professores. A cada bimestre, é feito um rodízio entre os dias de provas, de forma que os blocos de disciplinas são sempre os mesmos, porém, a ordem dos dias muda a cada bimestre.

---

<sup>27</sup> Tais situações envolviam, por exemplo, datas de eventos alteradas sem aviso prévio, falta de material, como papel, que inviabilizava a execução das atividades planejadas, discussão de antecipação de entregas de notas na secretaria pela falta de pessoal para proceder a digitação em tempo hábil para as reuniões de pais, etc.

Fica, também, acordado entre os professores a não aplicação de qualquer atividade avaliativa individual e sem consulta que caracterize prova, além dos 50% da pontuação total do bimestre. Assim, muitas atividades são desenvolvidas em duplas ou com consulta, além da realização de diversos outros trabalhos avaliativos, como seminários, cartazes, peças, entrevistas e outros projetos para compor o restante da nota bimestral.

Os cadernos de provas são disponibilizados aos alunos ao término da avaliação, cuja correção é feita através de um gabarito único para todas as disciplinas avaliadas no dia. Para essa correção, é montada uma escala, de forma que cada professor titular das disciplinas do dia fica responsável pela correção de cerca de quatro turmas. Como o gabarito é único, o professor corrige todas as disciplinas e repassa as notas para a coordenação pedagógica, a qual, por sua vez, as repassa aos professores titulares.

Para que o sistema funcione, é necessário que as avaliações possuam apenas questões fechadas para marcação no gabarito. Além disso, é necessário que o professor repasse à coordenação pedagógica as respostas corretas com antecedência para que essa possa repassá-las aos professores responsáveis pela correção.

### **2.3 O aluno da escola**

Os dois questionários mencionados como material de coleta para obtenção do perfil dos alunos foram respondidos por 67 estudantes de duas turmas do 2º ano do ensino médio. Desses, 97% tinham entre 15 e 18 anos, sendo que quase a metade tinha 16 anos. Cerca de 61% do grupo era constituído de meninas. Apenas seis alunos declararam trabalhar entre quatro e seis horas diárias.

O nível de escolaridade dos pais dos alunos é razoável, tendo a grande maioria concluído o ensino médio e, pelo menos 32,8% dos pais e 19% das mães, concluído curso

superior ou pós-graduação. O acesso à Internet é também uma realidade para 85% dos alunos, embora uma porcentagem apenas um pouco menor possua computador em sua residência.

Os alunos não demonstram ter hábitos de estudo, pois 74,6% dos alunos declararam não estudar ou estudar no máximo uma hora diária fora da escola. A grande maioria concluiu o ensino fundamental em oito anos, sendo, também, a maioria proveniente de escolas da rede pública de ensino. No ensino médio, 22% deles já repetiram o 1º ou o 2º ano.

É interessante notar que, apesar de a maioria ter declarado não estudar ou estudar muito pouco fora da escola, 61% dos alunos disse ter escolhido a escola por acreditarem que a qualidade do ensino que ela oferece é boa. Quanto ao futuro, 56 dos 67 alunos mostraram-se interessados em ingressar em uma faculdade após a conclusão do ensino médio. Há, portanto, uma aparente incoerência entre o tempo que os jovens dedicam aos seus estudos e o desejo de prosseguir-los.

As atividades de lazer que os alunos mais apreciam são ouvir música e navegar na Internet. A prática de esportes e a TV também aparecem com destaque. Já a leitura não é tida como um lazer. Dos 67 alunos, 24 declararam não frequentar a biblioteca, e cerca de 10% dos alunos declaram ir à biblioteca regularmente. A leitura aparece como uma necessidade dos estudos, já que os livros de literatura<sup>28</sup> são os mais lidos. Em segundo lugar, aparecem as revistas de informação, como *Veja* e *IstoÉ*, e jornais. As revistas de conteúdo científico ocupam o último lugar na preferência dos jovens.

## **2.4 O aluno e a escola**

Os alunos deixaram claro que seu interesse na escola tem muito a ver com a possibilidade de conhecer e se relacionar com outras pessoas. A instituição é vista como um

---

<sup>28</sup> Apesar de não estar claramente explicitado nas respostas dos alunos aos questionários, segundo suas alegações, os livros mais lidos são aqueles da literatura brasileira que fazem parte dos conteúdos de Português e os que são indicados no Programa de Avaliação Seriada da Universidade de Brasília.

local de socialização, um ponto de encontro entre os amigos.

Essa importância das relações interpessoais na escola também é bem evidente quando os alunos declaram o que não gostam na escola ou quando se referem aos seus direitos como alunos. A maior parte das respostas quanto ao que os alunos não gostam na escola está ligada aos relacionamentos entre eles e deles com os professores e a direção. Assim, muitos alegam não gostar de alguns professores, outros alegam não gostar do intervalo, que é curto<sup>29</sup> em sua opinião, ou posicionam-se contrários à falta de respeito entre os colegas e ainda sobre não terem suas reivindicações levadas em conta pela direção ou pelos professores. Os estudantes alegam ter facilidade em aprender os conteúdos quando gostam dos professores que os ministram. Vemos, então, que as relações entre as pessoas no ambiente escolar ocupam lugar de destaque nas opiniões dos alunos sobre diversas questões.

Os alunos consideram que estudar e aprender são tanto suas obrigações quanto seus direitos. A necessidade de respeitar e ser respeitado também aparece frequentemente nas respostas sobre direitos e deveres. É interessante notar que, apesar de estudar e aprender serem considerados deveres individuais, os alunos atribuem, em geral, a outros a responsabilidade sobre o sucesso do seu aprendizado. Isso fica evidente quando os alunos respondem às questões sobre o que facilita e o que dificulta seu processo de aprendizagem e respondem, em maioria, que essas questões estão relacionadas ao professor que explica bem ou mal, à aula que é “chata” ou dinâmica, à turma que está em silêncio ou não, à matéria que é interessante ou “chata”. O compromisso individual com os estudos, o interesse pessoal ou as horas dedicadas aos estudos raramente aparecem como condicionais para o aprendizado. Apenas 11% dos estudantes atribui a facilidade em aprender a atitudes como se dispor a estudar.

---

<sup>29</sup> Esse é o momento em que eles têm maior liberdade de relacionar-se uns com os outros. O intervalo ocorre entre o 4º e o 5º horário e dura 20 minutos.

Apesar de ocorrerem esporadicamente casos de agressão física entre alunos, é verificado um baixo índice de violência na escola. A grande maioria dos alunos se posicionou contra a violência e declarou nunca ter sofrido atos violentos, embora muitos aleguem já tê-los presenciado. Eles, em geral, também demonstraram preocupação com o futuro. Em suas projeções, figuram pensamentos relacionados ao prosseguimento dos estudos, carreira profissional e trabalho. A maior parte declarou, inclusive, que, se não estivesse estudando, estaria trabalhando.

Quanto aos temas que mais freqüentemente ocupam seus pensamentos, houve uma disparidade entre as turmas: na 203, a maioria dos alunos declarou pensar muito em estudar e nas conquistas de profissão e trabalho. Já na 207, a maioria declarou pensar muito em diversão ou namoro. Em ambas as turmas, vários alunos declaram ter medo de pensar sobre o seu futuro e alguns afirmaram, ainda, não pensar sobre isso.

## **2.5 A relação do aluno com a Química escolar**

A relação dos alunos com a disciplina escolar de Química não parece muito boa. Mais da metade dos alunos não foi capaz de lembrar ou nunca vivenciou uma atividade relacionada à disciplina que lhe agradasse. Os estudantes também demonstraram, em maioria, não haver interesse de sua parte em nenhum assunto relacionado à Química.

Dos 67 alunos, 28 não possuíam livro didático para estudar Química em casa e quase a metade não tinha acesso a nenhum livro de estudo da disciplina<sup>30</sup>. Apenas 25 declararam ter ajuda na hora de estudar a matéria. Tal ajuda vinha, em geral, de parentes que já estudaram ou de amigos. Já 24 alunos declaram não ter nenhum tipo de ajuda para estudar Química.

---

<sup>30</sup> É importante lembrar que a pesquisa junto aos alunos foi realizada em 2007. No ano seguinte, os livros de Química passaram a fazer parte do Plano Nacional do Livro do Ensino Médio (PNLEM). Por isso, não foi solicitado aos alunos que adquirissem um livro específico no ano de 2007, já que esperávamos a chegada dos livros para 2008 na escola.

Em vista do exposto, podemos ter uma idéia dos desafios a serem enfrentados nas salas de aula. A falta de material didático, a falta de tempo dedicado aos estudos, a falta de interesse dos jovens pela área científica, além da falta de atividades que os alunos consideraram estimulantes ao longo dos anos anteriores constituem realmente grandes desafios que, nem de longe, são os únicos na tarefa de ensinar Química.

Contudo, essa realidade, inicialmente, um pouco assustadora e não tão ruim em vista da realidade em outras escolas, pode, também, ser vista como um campo fértil em que podemos encontrar caminhos sobre “o quê” e “como” podemos fazer para tornar a alfabetização em Química acessível ao nosso aluno. As respostas do grupo podem nos mostrar alternativas e direções possíveis que atendam às expectativas de alunos e professores, bem como às demandas sociais existentes, para a busca e a construção de estratégias para o ensino.

## **CAPÍTULO 3**

### **ELABORANDO A ABORDAGEM TEMÁTICA**

A partir da análise do comportamento dos alunos de ensino médio, conforme descrito na introdução e com base teórica explicitada, concebemos a proposta de ensino, possível de ser efetivamente aplicada em um contexto escolar real, embasada no movimento CTS para o ensino de Radioatividade. Ela foi aplicada nos segundos anos do ensino médio como estratégia para propiciar uma ruptura com a visão positivista e cientificista de Ciência, permitindo ao aluno atribuir significado ao ensino de ciências.

A aquisição de conhecimentos relacionados à radioatividade envolve a compreensão de conceitos e modelos científicos abstratos, como o conceito de átomo, a evolução dos modelos atômicos, as relações entre energia e partículas subatômicas, física nuclear, entre outros, de forma que a quantidade de pré-requisitos necessários e o alto nível de abstração requerido podem dificultar o processo de aprendizagem da radioatividade pelos estudantes de ensino médio.

Há, também, uma dificuldade docente, existente desde o curso de formação, uma vez que o conteúdo sobre radioatividade não foi abordado no curso de licenciatura. Aliado a isso, o tema desperta interesse devido à memória popular que, em geral, o associa aos desastres nucleares ou, no caso do Brasil e de Brasília, em especial pela proximidade com Goiânia, ao acidente ocorrido nessa cidade com o Césio-137, há 20 anos. Outro fator que tem trazido o tema Radioatividade de volta ao centro de debates políticos e sociais é a questão energética, que, em tempos de preocupações com as modificações climáticas, tem motivado os países a buscar uma maior diversificação da matriz energética, em que figura a energia nuclear como

alternativa promissora. Tal conjunto de fatores justifica a nossa escolha do tema para este trabalho.

A proposta foi desenvolvida com a participação dos professores de Química, Filosofia, História e Sociologia, com os quais buscamos uma aproximação em uma perspectiva interdisciplinar, conforme pressupostos já mencionados, e destinou-se aos alunos do 2º ano do ensino médio, no turno matutino, da referida escola pública do Distrito Federal em 2007. Foi aplicada em sete turmas, com cerca de 40 alunos cada, durante todo o terceiro bimestre letivo. Devido à impossibilidade prática de acompanhar sistematicamente todas as turmas durante a aplicação da proposta, selecionamos, aleatoriamente, para tal finalidade apenas duas.

A proposta consistiu na abordagem para o ensino de Radioatividade centrada na perspectiva histórica, social e cultural do conhecimento acerca das radiações ionizantes, sua utilização pelo homem e a responsabilidade social e ambiental advindas desta utilização. De acordo com os pressupostos HFC e CTS, buscamos contemplar na proposta o contexto histórico no qual se deram as descobertas iniciais, fazendo sempre um contraponto entre a influência das demandas sociais na produção do conhecimento científico e a forma como esse novo conhecimento produzido interfere nas demandas sociais. Também procuramos tomar o cuidado de não sobrevalorizar aspectos normalmente estudados na disciplina de Química ou os aspectos históricos, filosóficos, sociais e culturais. O que buscamos foi uma integração entre todos esses saberes de forma equilibrada.

Partindo de uma visão humanista da descoberta e avanços no conhecimento das emissões de energia por alguns materiais, focando os contextos históricos e sociais em que se deram as contribuições de Röntgen, Becquerel e, principalmente, Pierre e Marie Curie, que resultaram na descoberta/isolamento dos elementos Polônio e Rádio, e destacando a utilização indiscriminada do Rádio na época, pretendeu-se alcançar os seguintes objetivos gerais:

- 1 - compreender a estrutura da matéria;

2 - compreender as relações entre matéria e energia;

3 - interpretar gráficos;

4 - compreender e utilizar a linguagem química na descrição e avaliação de processos.

Além disso, pretendeu-se focar as implicações sócio-ambientais associadas ao processo de construção do conhecimento acerca da Radioatividade e aos avanços tecnológicos daí advindos, a saber:

a - a ciência caracteriza-se como construção humana e coletiva;

b - avanços no conhecimento científico acarretam mudanças dos hábitos sociais;

c - o desenvolvimento de conhecimento científico e tecnológico implica responsabilidade social;

d - o papel da mulher em dado período histórico e sua inclusão na comunidade científica;

e - os riscos e os benefícios na utilização de novos materiais radioativos, e tecnologias envolvendo esses materiais, que determinaram a história e que devem ser avaliados em aplicações futuras.

As etapas do desenvolvimento da proposta envolveram:

I - seleção de materiais e escolha das estratégias a serem utilizados para alcançar o objetivo de despertar o interesse dos alunos e facilitar a aprendizagem do conteúdo químico mediante uma abordagem histórico-cultural e que contemplasse as relações CTS. Nessa fase, foram selecionados o vídeo *O Clã Curie*<sup>31</sup> e o livro paradidático *Marie Curie e a Radioatividade*<sup>32</sup>, cuja escolha será explicitada em etapas posteriores.

---

<sup>31</sup> Gilgamesh / la Cinquième, França, versão e distribuição nacional Sinapse, da série *A Saga do Prêmio Nobel*, dublado, cerca de 26 minutos.

<sup>32</sup> De Steve Parker, tradução de Sílvia Neves Ferreira, da Série Caminhos da Ciência, São Paulo, Editora Scipione, 1996.

II - Apresentação da proposta e convite para sua implementação aos professores de História, Filosofia e Sociologia das turmas envolvidas. Contato dos professores com os materiais descritos no tópico I e discussão da proposta enfocando as especificidades de cada disciplina. Ao todo, éramos: uma professora de Química, uma professora de Filosofia, duas professoras de Sociologia, um professor e uma professora de História. Desses, apenas o professor de História, que trabalhava com duas, das sete turmas, não aceitou participar da proposta, alegando que estava prestes a deixar a escola pela aposentadoria e não podendo, portanto, comprometer-se com o projeto.

III - Sendo a Radioatividade um tema que permeia os meios de comunicação freqüentemente, a maioria dos alunos já possui algumas concepções acerca do assunto. Procuramos, então, provocar os alunos a exporem suas concepções sobre o tema. Isso foi feito por meio da aplicação de questionário em que os alunos responderam às seguintes questões:

- 1) O que você entende por radioatividade?
- 2) Sobre materiais radioativos, responda:
  - a) onde podem ser encontrados?
  - b) em que podem ser aplicados (utilizados)?
  - c) oferecem risco à flora e à fauna? Quais?

Optamos por fazer com que os alunos escrevessem expondo suas experiências pessoais, proporcionando autoconsciência e considerando que essas interferem na recepção/motivação para aprendizagem e devem ser valorizadas na atividade de ensino (MOREIRA, 2005). Destacamos que parte dos alunos resiste em expor oralmente suas opiniões por se sentirem hostilizados pelos colegas, e, ainda, pelas questões configurarem-se como um pré-teste.

IV - Solicitamos aos alunos a leitura de *Marie Curie e a Radioatividade*. O livro possui trinta e duas páginas, incluindo várias figuras, inclusive imagens e fotografias de época, além de modelos de explicações científicas e um glossário. A opção por essa obra atendeu ao princípio da pluralidade de enfoques no contato com o tema, permitindo que os alunos tivessem a oportunidade de ler algo além do que se encontra nos livros didáticos de Química. Mas, principalmente, o material foi escolhido por seu conteúdo biográfico com abordagem histórica sobre a descoberta da radioatividade, que relaciona as descobertas científicas e seu impacto social em uma abordagem interdisciplinar. O livro destaca o caráter colaborativo na produção do conhecimento científico, mostrando que as descobertas relacionadas à radioatividade não podem ser creditadas a um único cientista, tendo ocorrido através de um esforço conjunto. Há, ainda, uma abordagem dos acontecimentos posteriores aos trabalhos do casal Curie relacionados à radioatividade e um quadro relacionando fatos políticos, artísticos, científicos e grandes descobertas que pretende contextualizar a abordagem, vindo, por tudo isso, ao encontro de nossa proposta. Foi dado aos alunos um prazo de 15 dias para concluir a leitura.

V - Após analisar as respostas dos alunos ao questionário inicial, sem fazer comentários em sala sobre suas concepções, assistimos *O Clã Curie*. O vídeo conta a história dos Curie através de fotos e encenações dos principais acontecimentos relacionando a vida familiar à atividade científica, de forma contextualizada histórica, política e culturalmente. O filme aborda a construção dos conhecimentos acerca da radioatividade desde os trabalhos de Roetgen até os de Irène e Frédéric Joliot Curie<sup>33</sup>, destacando o trabalho de Marie e Pierre Curie, além das relações entre seus trabalhos e os trabalhos de outros cientistas, como Rutherford. Assim como o livro, o vídeo também insere a produção científica em seu contexto

---

<sup>33</sup> Devido ao prestígio que o nome Curie já havia alcançado na época, ao se casar, Irène e seu marido Frédéric Joliot optaram por incorporar Curie ao seu sobrenome. (Quinn, 1997)

histórico-cultural, mostrando a ciência como um processo dinâmico de construção de conhecimento em que a observação e a construção de hipóteses e modelos explicativos são valorizadas na busca pela compreensão dos fenômenos.

As dificuldades enfrentadas por Marie Curie, tanto pela situação política de seu país, a Polônia, quanto pela questão de gênero, são abordadas no vídeo, possibilitando discussões sobre o imperialismo europeu, bem como discussões sobre a força e o papel da mulher na sociedade. *O Clã Curie* mostra, também, que Marie foi a primeira mulher a ser laureada com o prêmio Nobel, a única pessoa a receber tal honraria por duas vezes, além do fato de um terceiro prêmio Nobel ter sido entregue à sua filha Irène Joliot Curie, também por trabalhos relacionados à radioatividade.

O entusiasmo causado pelas novas descobertas tanto na comunidade científica quanto na sociedade em geral são abordados, bem como os riscos biológicos da utilização das radiações ionizantes. Também o uso dessa energia, por muitas vezes polêmico, é inserido no contexto da primeira Guerra Mundial, no período entre guerras, e na segunda Guerra Mundial, contemplando as relações CTS.

O vídeo, assim como o livro, tem caráter interdisciplinar, valorizando a História e a Filosofia da Ciência, abordando os conteúdos relacionados a modelos atômicos, estabilidade atômica, extração e purificação de substâncias e radioatividade, ligados à Química; imperialismo europeu, grandes guerras mundiais, período entre guerras, política e ciência, ligados à História; a visão da ciência e a construção científica em um dado momento histórico, o método de trabalho científico, relacionados à Química e à Filosofia; o papel da mulher na sociedade, as conquistas femininas ao longo dos tempos, as relações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade, ligados à Sociologia; entre outros.

Logo, justifica-se a escolha do vídeo por estar de acordo com nossa proposta, que defende uma abordagem para o ensino de radioatividade que integre os conhecimentos

científicos aos aspectos histórico-culturais, contribuindo para a construção de uma visão de ciência não dogmática, dinâmica e inserida nos processos sociais, conforme Japiassu (1999) – para quem a ciência não deve ser ensinada de forma puramente escolar e teórica, mas associada às questões de ordem prática do mundo real. Para o autor, a ciência deve ser ensinada em suas dimensões histórica, social, política, etc. Essa idéia está de acordo com Bachelard (1996), para quem ensinar ciência não significa ensinar apenas os produtos da ciência, mas sua natureza e construção.

Antes da exibição do vídeo, cada aluno recebeu cinco perguntas, de um total de 39 (apêndice B), sobre aspectos abordados no filme. A opção por trabalhar com o vídeo, além da importância de seu conteúdo, relacionou-se à intenção de utilizar uma diversidade de estratégias de ensino, rompendo com o uso excessivo e exclusivo do quadro e do giz (MOREIRA, 2005).

VI - Após assistir *O Clã Curie* e de posse de perguntas específicas, cujas respostas eram encontradas diretamente no vídeo, os alunos foram solicitados a expor, diante da turma, as suas respostas, socializando os conhecimentos adquiridos nessa etapa. Procuramos, assim, contribuir para que o estudante enriquecesse seu vocabulário utilizando expressões possivelmente desconhecidas até aquele momento, bem como auxiliá-lo na utilização da linguagem oral como forma de expressão de conhecimento.

VII - Tendo em vista que muitos alunos não possuíam livros didáticos, elaboramos uma apostila (apêndice C) contendo o conhecimento científico relevante para o ensino médio acerca da radioatividade (radioatividade como fenômeno natural, instabilidade nuclear de alguns elementos químicos, natureza das emissões radioativas, leis de decaimento radioativo, cinética das desintegrações radioativas, processos de fissão e fusão nucleares e principais

aplicações da radioatividade). Em sala de aula, trabalhamos questões referentes à Química utilizando a apostila e transparências (anexo 1), enquanto os professores de História, Filosofia e Sociologia também trabalhavam em suas aulas dando o enfoque cabível em cada uma das disciplinas, procurando fazer uma abordagem integradora de acordo com os objetivos anteriormente estabelecidos.

VIII - Solicitamos aos alunos a elaboração de um seminário. Para tanto, eles se organizaram em grupos de seis. Depois, um tema foi sorteado para que cada grupo o desenvolvesse. Os temas propostos pelos professores foram:

- 1 - a influência do contexto histórico, filosófico e social na produção dos conhecimentos acerca da radioatividade;
- 2 - a mulher na comunidade científica (o exemplo Marie Curie);
- 3 - aplicações da radioatividade na medicina e na produção de energia (história e perspectivas);
- 4 - aplicações da radioatividade nos processos de datação, irradiação de alimentos e indústria (história e perspectivas);
- 5 - acidentes radioativos (causas e conseqüências);
- 6 - a radioatividade e o mercado de trabalho (histórico e tendências).

Além dos temas sugeridos pelos professores, os alunos poderiam escolher outros aspectos de interesse.

A turma recebeu por escrito as orientações quanto à confecção dos seminários, que deveriam ser acompanhados de um painel. Nessas orientações, foram sugeridas fontes de consulta e definidos os critérios de apresentação e avaliação dos trabalhos (apêndice D). Os seminários foram apresentados na presença de todos os professores envolvidos e da turma. A estratégia de apresentação de seminário teve por objetivo promover um espaço em que o

aluno tivesse a oportunidade de articular, de forma crítica e coerente do ponto de vista das disciplinas envolvidas, os conhecimentos adquiridos ao longo das diversas etapas dessa proposta de ensino.

IX - Para promover uma melhor compreensão das relações CTS aplicadas à radioatividade, viabilizamos uma palestra antes da preparação dos seminários, proferida na escola para os alunos por uma funcionária especializada da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) a respeito de questões técnicas e de mercado de trabalho na área da radioatividade. A palestra, de cerca de duas horas (divididas em dois períodos de uma hora, com intervalo de 20 minutos), incluiu espaço para perguntas realizadas pelos alunos.



**Figura I - Palestra com técnica da CNEN**

A palestra foi realizada no auditório da escola, conforme ilustra a figura I, em dois dias. para possibilitar que todas as turmas pudessem participar, já que o auditório não comportaria as sete turmas e que, neste caso, o número de alunos seria muito grande podendo causar impacto um negativo.

Nos primeiros contatos com a palestrante, bióloga e doutora na área de energia nuclear, detalhamos nossa proposta, situando-a quanto aos conteúdos já trabalhados até a data da palestra e explicamos os objetivos do projeto.

O conteúdo da palestra dividiu-se em dois blocos. No primeiro, a palestrante fez uma explanação sobre a produção do conhecimento científico relacionado à radioatividade, destacando os principais personagens e fatos envolvidos. Por várias vezes, ela dirigia perguntas aos alunos, que, em geral, respondiam satisfatoriamente. Ainda durante o primeiro bloco, foram expostas questões referentes às emissões radioativas (figura II), meia-vida, diferenças entre raios X e materiais radioativos e aos processos de fissão e fusão nucleares, extração e enriquecimento de Urânio e o funcionamento de usinas nucleares do tipo PWR (Pressurised Water Reactor), os quais possuem reatores à base de água pressurizada. Além disso, foi explicitado o trabalho da CNEN na concessão de licenças, fiscalização de instalações, atendimento a chamados de emergência e atuação em acidentes.



**Figura II - Técnica da CNEN realizando mediação com um medidor geiger em aluna**

No segundo bloco, foram tratadas as questões relacionadas às aplicações da radioatividade, destacando-se a datação de fósseis e rochas, os processos industriais, os procedimentos médicos, além dos maiores acidentes radiológicos e nucleares e os principais procedimentos de descontaminação radioativa.



**Figura III - Aluno demonstrando utilização de roupa de proteção para emergência radiológica**

No que se refere à datação, foram destacados os princípios de utilização do carbono-14 para estimar a idade de fósseis e dos isótopos do Urânio para datar rochas, havendo destaque para a grande importância dessas técnicas em trabalhos de arqueologia, por exemplo.

Com relação aos processos industriais, foram abordados os procedimentos de irradiação de alimentos, de monitoramento de equipamentos e tubulações industriais, da utilização das emissões radioativas para monitorar o nivelamento de líquidos engarrafados e da esterilização de materiais (neste caso, tanto na indústria quanto em laboratórios de pesquisa).

Na medicina, foram abordadas as bases teóricas dos procedimentos de diagnóstico, como os exames de cintilografia e similares, e os procedimentos de tratamento, como a

radioterapia e a braquiterapia. Tratou-se da produção, transporte, armazenamento e descarte dos isótopos radioativos utilizados, destacando-se as novas tecnologias ligadas à produção de certos isótopos nos próprios locais onde são realizados os exames, e o papel regulamentador e fiscalizador da CNEN nesses empreendimentos no Brasil.

Foram discutidos os principais acidentes radiológicos e nucleares ocorridos no mundo, com especial ênfase nos acidentes de Chernobyl e de Goiânia, tendo sido abordados os principais danos físicos causados pelas contaminações radioativas e os processos de descontaminação mais comumente utilizados.

A palestrante trouxe equipamentos, como medidores de radiação e roupas especiais para trabalho em locais contaminados. Esses equipamentos foram manuseados e utilizados pelos alunos. Finalizada a apresentação, foi permitido ao grupo que fizesse perguntas.

Com a palestra, procuramos, mais uma vez, diversificar as fontes de contato do aluno com o tema proposto, fugindo de trabalhar apenas com o livro didático e com o quadro e giz, como dissemos.

Também objetivamos proporcionar aos alunos a oportunidade de relacionar o conhecimento escolar aos processos sociais e de negociar significados e articular o conhecimento por meio da linguagem, expressando seus pensamentos e suas concepções.

X - Duas atividades avaliativas foram realizadas no desenvolvimento dessa proposta com a finalidade de compor a nota bimestral de Química. Uma sobre o livro paradidático (apêndice E – Avaliação sobre o paradidático), com consulta e em dupla, e outra sobre as leis do decaimento e meia-vida, utilizando como contexto o acidente de Goiânia (apêndice F – Avaliação sobre leis do decaimento e meia-vida).

XI - Após as atividades descritas, foi a vez de os alunos demonstrarem a sua produção acerca do tema através dos seminários e painéis. Os grupos tinham cerca de 20 minutos para uma apresentação realizada para toda a turma e para os professores envolvidos. Nos seminários, os deixamos livres para que pudessem se expressar da forma que considerassem mais adequada, de acordo com suas habilidades e recursos. O objetivo principal era observar a capacidade dos alunos se expressarem sobre o tema radioatividade, extrapolando suas concepções de senso comum e dando conta de articular a História, a Filosofia, a Sociologia e a Química, posicionando-se quanto a questões sociais, ambientais e éticas ligadas ao tema.



Figura VII - Painel confeccionado pelos alunos sobre radioatividade e o mercado de trabalho



Figura VIII - Pannel confeccionado pelos alunos sobre a radioatividade na medicina e na produção de energia

XII - Avaliação bimestral (apêndice G) em que cada professor cobrou individualmente questões referentes ao trabalho, uma vez que não seria possível, por questões estruturais da escola, entre outras dificuldades, a elaboração de uma única avaliação interdisciplinar.

XIII – Aplicação de questionário (apêndice H) aos alunos do 3º ano, em 2008, posterior ao desenvolvimento da proposta. Em 2008, com o objetivo de analisar se o trabalho realizado no 2º ano teve importância para os alunos, pretendemos verificar se esse seria citado. Logo, elaboramos um questionário em que perguntávamos aos estudantes que assuntos da disciplina de Química mais os interessavam, que atividades desenvolvidas na disciplina de Química mais os agradaram, que atividade desenvolvida na disciplina Química menos os agradou, que atividade desenvolvida na disciplina e vivenciada por eles mais contribuiu para o seu aprendizado e qual a que menos contribuiu.

Com a finalidade de não vincular o questionário às atividades desenvolvidas no segundo ano, inserimos no questionário perguntas sobre o livro didático, entre outras, e o mesmo foi aplicado aos alunos do 3º ano por sua professora de Química na época, como uma

atividade educacional, visando à auto-avaliação da disciplina. Na oportunidade, todos os alunos do terceiro ano responderam ao questionário. Para identificar os alunos com os quais trabalhamos no ano anterior, utilizamos as perguntas constantes do questionário sobre sua escolaridade pregressa.

## **CAPÍTULO 4**

### **AVALIANDO**

Como fontes de dados para análise dessa proposta, consideramos as produções dos alunos em diversas atividades, além de relatos dos professores participantes, a saber:

- 1 - avaliações formais;
- 2 - relatos dos alunos quanto à proposta de trabalho realizada, em questões abertas de avaliações;
- 3 - falas dos alunos e painéis apresentados durante os seminários;
- 4 - formulários de auto-avaliação;
- 5 - relatos dos professores parceiros no desenvolvimento do trabalho;
- 6 - desempenho dos alunos quanto à aprovação escolar;
- 7 - respostas dos alunos ao questionário aplicado no ano seguinte à execução dos trabalhos.

Uma de nossas preocupações iniciais referia-se à visão dogmática de ciência predominante entre os alunos e a necessidade de construir uma concepção de ciência como construção humana, inserida em um contexto cultural e histórico, de forma que fizessem sentido as articulações entre ciência, tecnologia e sociedade.

Nossa análise de dados buscou, portanto, identificar em que medidas houve indícios da percepção dos alunos quanto às articulações CTS, em que medida os alunos consideraram relevante o trabalho desenvolvido para o seu aprendizado e quais as percepções dos professores colaboradores com relação ao trabalho desenvolvido.

O sistema de avaliação seguiu as normas acordadas na escola já explicitadas no capítulo 3. Contudo, para fins de coleta de dados para este trabalho, as avaliações bimestrais

contaram com uma questão aberta e não entraram no sistema de escala de correções, uma vez que era necessário avaliar as respostas dos alunos em cada questão ou item.

#### **4.1. Avaliações formais**

Foram realizadas ao todo quatro avaliações formais: um questionário inicial (QI), com questões que buscavam levantar as concepções dos alunos acerca dos conhecimentos sobre a radioatividade, sem valor para pontuação bimestral; uma avaliação com consulta realizada em dupla com questões abertas sobre o conteúdo do paradidático (APD), valendo 10% da nota bimestral; uma avaliação – teste (T) –, sem consulta realizada pelos alunos em duplas, com questões abertas sobre natureza das emissões radioativas, efeitos das radiações sobre os organismos, leis de decaimento e período de meia-vida, cujo contexto foi o acidente radioativo de Goiânia, valendo 10% da nota bimestral; e uma avaliação bimestral (AB), individual, sem consulta, com questões fechadas envolvendo todos os temas tratados em todas as etapas do trabalho, conforme as normas da escola, valendo 50% da nota bimestral<sup>34</sup>.

##### **4.1.1 Questões predominantemente referentes aos conceitos químicos**

Enquadram-se aqui as questões que tinham como objetivo principal avaliar a compreensão dos alunos quanto aos conceitos químicos trabalhados. Ressaltamos que procuramos fazer uma abordagem de cada assunto tratado nas questões de forma contextualizada, viabilizando a presença dos temas sociais, tecnológicos e ambientais, integrados aos conteúdos químicos que se pretendia avaliar (um quadro comparativo dos resultados pode ser consultado ao final da sessão 1.2).

---

<sup>34</sup> Os 30% restantes da nota bimestral referiram-se ao seminário em conjunto com a auto-avaliação.

No primeiro questionário (vide p. 58, item III – pré-teste), no qual solicitamos que os alunos indicassem em que poderia ser utilizada a radioatividade, treze estudantes responderam que era utilizada em aparelhos de raios-X, demonstrando uma visão equivocada muito comum em discursos da mídia. Na prova bimestral, na questão nove, item a, que afirmava serem os aparelhos de raios-X exemplos da utilização da energia nuclear, dos treze, apenas dois alunos continuaram mantendo tal concepção.

Contudo, outros oito, que no questionário inicial não mencionaram os aparelhos de raios-X como exemplo de aplicação da radioatividade, na avaliação posterior escolheram a questão que fazia tal afirmativa. Consideramos que tais alunos possam não ter exposto inicialmente tal concepção, embora as tivessem, ou até mesmo adquirido tal concepção equivocada ao longo do desenvolvimento dos trabalhos. Esse fato pode demonstrar que os mecanismos de aprendizagem são individuais, pois as mesmas estratégias podem surtir efeitos diferenciados em cada indivíduo.

Esse dado nos chamou a atenção sobretudo porque havia informação da CNEM durante a palestra proferida aos alunos sobre essa “confusão”. Segundo a palestrante, boa parte das chamadas de emergência recebidas por aquele órgão referia-se a vazamentos radioativos provenientes de aparelhos de raios-X. O equívoco de tal suposição foi amplamente discutido, não apenas na palestra, mas também em outros momentos dos trabalhos. Em tais oportunidades, foi discutida a diferença nas fontes de emissão desses dois tipos de energia, apesar da relativa proximidade nos comprimentos de onda e dos efeitos semelhantes sobre os organismos. Porém, apesar da palestra e das aulas expositivas, essa concepção ainda se mostrou presente entre alguns alunos.

Consideramos que a mídia pode ter influenciado na manutenção de tal concepção, uma vez que os jornais locais da época traziam reportagens regulares sobre os 20 anos do acidente com o Césio-137 em Goiânia, afirmando equivocadamente tratar-se de uma violação de um

aparelho de raios-X. Esse resultado parece estar de acordo com Ricardo (2007), que afirma que a mídia tem poder maior de influência sobre o cidadão do que o exercido nos meios de educação formal.

Por mais de uma vez, fui questionada por alunos com um jornal nas mãos sobre a questão do raio X utilizar ou não materiais radioativos. Eles viam o tema na própria biblioteca da escola, que colocava as reportagens no mural. As notícias, em geral, afirmavam que o problema ocorrido em Goiânia foi devido a uma violação de um aparelho de raio- X.

Na avaliação T, 28 das 35 duplas (80,0%) conseguiram identificar a radiação gama como a mais perigosa para os organismos vivos e 13 duplas (37,1%) associaram tal perigo ao fato de a radiação gama ser uma forma de energia eletromagnética. Na avaliação AB, analisada para 78 alunos das duas turmas acompanhadas, observamos que 11 dos 78 alunos (14,1%) julgaram errado um item em que afirmamos que as emissões alfa, beta e gama eram partículas.

Consideramos, nesse caso, estar diante de um problema mais caracterizado pela pouca atenção dos alunos à leitura do que necessariamente conceitual, uma vez que os próprios estudantes, em geral, perceberam seu erro logo após a avaliação. Isso porque, na AB, há toda uma mobilização na escola para a “semana de provas” ou “provões”, como são chamadas. Nesses dias, os alunos não têm aulas, apenas provas, organizadas em escalas com três avaliações de diferentes disciplinas por dia. Essa situação contribui para um estado de tensão do aluno, o que pode justificar certo grau de comprometimento no seu desempenho. As avaliações T e APD, ao contrário, foram realizadas nas aulas de química, em dias normais de aulas, gerando provavelmente menor estresse entre os alunos, o que pode justificar a diferença nos resultados de questões semelhantes abordadas em T e AB.

Também na AB, duas questões abordavam a emissão de partículas por materiais radioativos e o cálculo de tempo de decaimento dos materiais. Na primeira, foi solicitado que

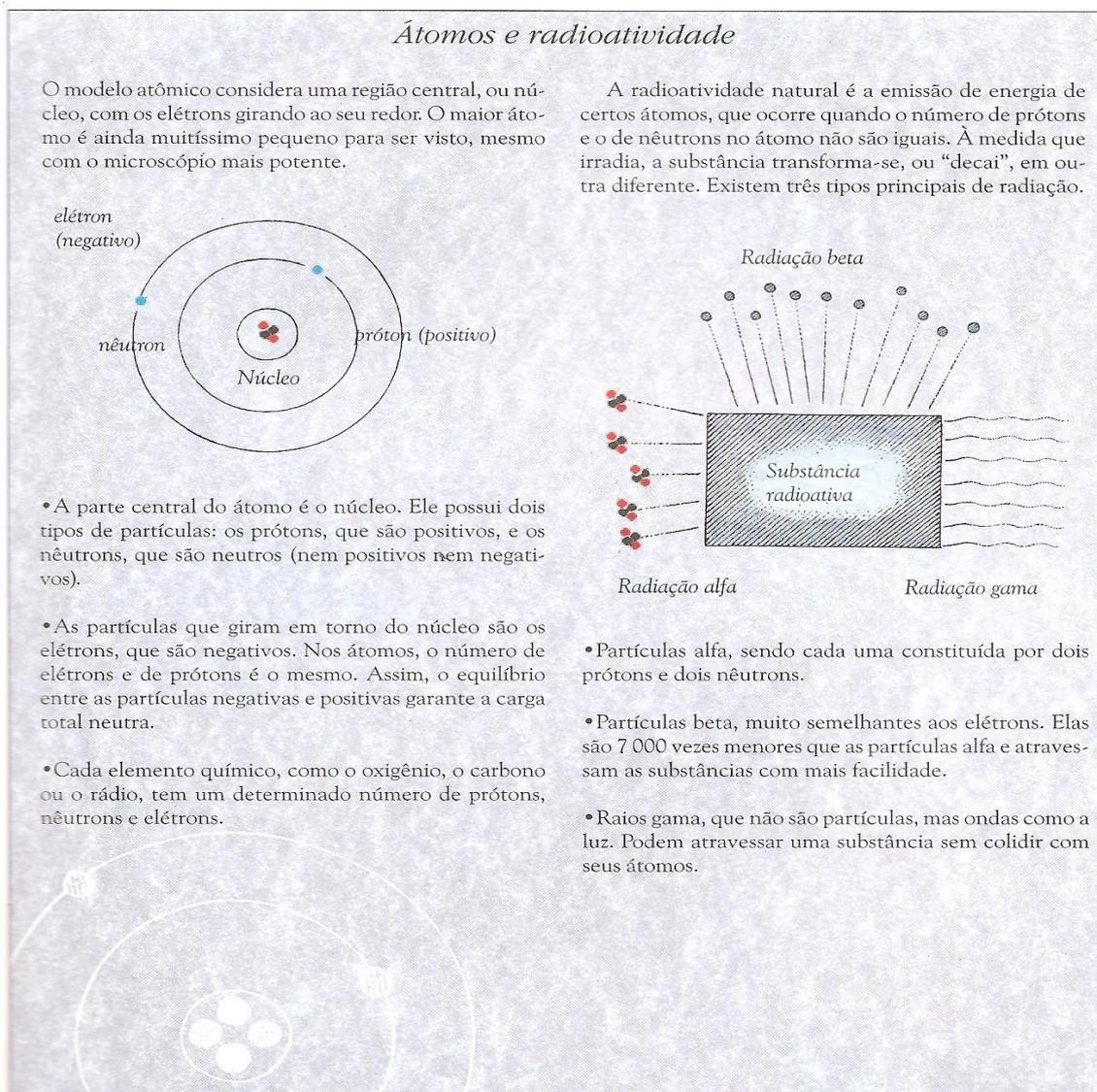
os alunos identificassem o número de partículas alfa e beta, associadas ao decaimento de Tório nas praias de Guarapari/ES. Tal avaliação foi realizada por 78 alunos, dos quais 59 (75,6%)<sup>35</sup> responderam acertadamente a questão. Já quanto ao cálculo da idade de um fóssil a partir do período de meia-vida do carbono, na mesma avaliação, apenas 29 (37,2%) responderam acertadamente.

Em questão que abordava a fusão nuclear, apenas 32 alunos (41,0%) foram capazes de identificar como incorreta a afirmação: “este processo não permite a produção de bombas e por isso constitui-se em uma grande esperança para a matriz energética mundial ameaçada pela escassez do petróleo e pelo aquecimento global”.

Além das avaliações já mencionadas, os estudantes foram submetidos a uma avaliação do paradidático, realizada em dupla. Nela, os alunos foram solicitados a criticar o desenho mostrado na página 21 do livro, que trazia informações equivocadas sobre o modelo atômico de Rutherford (Bohr).

---

<sup>35</sup> Os dados percentuais foram calculados com apenas uma casa decimal, constituindo, por isso, aproximações.



**Figura IX - figura com informações e modelo a serem criticados pelos alunos**

Fonte: PARKER, S. *Marie Curie e a Radioatividade*. Caminhos da Ciência. São Paulo: Scipione, 1996.

Das 36 duplas, 29 (80,5%) foram capazes de fazer críticas coerentes com os modelos atômicos estudados ao desenho apresentado no livro. Consideramos relevante a capacidade de analisar os desenhos, tendo em vista que a compreensão da construção de tais modelos passa pela compreensão de fenômenos ligados à radioatividade e que a capacidade de criticar exige que o indivíduo analise e compare informações, habilidades necessárias ao cidadão crítico que desejamos formar. Algumas das respostas foram:

O desenho não ilustra o modelo atômico proposto por Rutherford. Nós vemos no desenho prótons e nêutrons girando em volta do núcleo. Onde deveria haver elétrons (eletrosfera).

Se o Nêutron é neutro deveria estar no centro, pois as partículas que giram em torno do núcleo são os elétrons, que são negativos e não os nêutrons (neutros), nem os prótons (positivos).

Os nomes das partículas foram dispostos erroneamente, e o núcleo é apresentado como uma grande massa com os prótons e nêutrons dissipados nela.

#### **4.1.2 Questões que envolviam predominantemente as articulações CTS**

Além da tabulação das respostas nos itens ou questões de avaliações que envolviam conceitos químicos, uma análise da percepção dos alunos quanto às questões CTS também foi feita. Para tanto, buscamos construir as questões da avaliação de Química AB de forma a não hierarquizar o conhecimento científico em relação às demais formas de conhecimento, conforme Santos e Mortimer (2000), já citados neste trabalho.

Uma das questões de nosso interesse e que aflige nossa sociedade é sobre o gênero, que gera discriminação e preconceito. Na área científica, é interessante notar a predominância masculina, principalmente em épocas passadas, mas também nos dias atuais. Tanto no livro quanto no vídeo, exploramos bem tal questão no exemplo de vida de Marie Curie.

Buscamos, então, nas avaliações formais, identificar em que medida as discussões realizadas através das atividades desenvolvidas foram compreendidas pelos alunos. Assim, na AB, inserimos uma questão com a afirmação: “o fato de ser mulher não influenciou o reconhecimento do trabalho da cientista”. Ela foi considerada errada por 56 dos 78 alunos (71,8%), demonstrando que as discriminações de gênero provavelmente foram percebidas na construção do conhecimento científico por boa parte dos alunos.

Outra de nossas preocupações era permitir que o aluno pudesse perceber a natureza falível e provisória do conhecimento científico. Para avaliar tal objetivo, solicitamos, na

avaliação individual, que os alunos julgassem como certa ou errada a afirmação: “Marie estava absolutamente correta acerca das propriedades dos materiais radioativos. Isso ocorre porque a ciência não é falha, de forma que todo conhecimento científico sempre é verdadeiro”. Como resultado, 66 alunos (84,6%) a julgaram errada, contudo, 10 (12,8%) ainda a consideraram correta e dois não responderam o item.

Parte do entendimento da ciência como atividade humana passa pela percepção de que decisões científicas são influenciadas por questões de ordem econômica, política, ideológica, religiosa, etc. Após abordar tais temas relacionados à construção do conhecimento acerca da radioatividade através da biografia dos Curie, solicitamos aos alunos que julgassem como certa ou errada a afirmação: “questões políticas e ideológicas agravaram o acidente de Chernobyl, pois evitaram que a população fosse informada imediatamente sobre o acidente, o que demonstra que as questões científicas e tecnológicas estão inseridas em um contexto histórico e cultural, sendo por ele influenciadas”. A este item, 64 alunos (82,0%) responderam ser correto, demonstrando uma compreensão das articulações CTS. Contudo, 12 (15,4%) ainda consideraram estar errado, o que pode sugerir a manutenção de uma concepção de ciência neutra, apesar de nossos esforços em romper com ela.

Uma vez que, tanto em sala quanto na palestra proferida pela funcionária da CNEN e também nos temas de seminário, estava presente a discussão sobre funcionamento e viabilidade econômica, social e ambiental da utilização da energia nuclear na matriz energética do Brasil, ainda na AB, solicitamos aos alunos julgar o item: “não é importante que a sociedade se envolva nas discussões sobre a implantação de novas usinas nucleares no Brasil, pois tal discussão é de ordem técnica e deve ser feita apenas entre os especialistas”. Ele foi considerado errado por 68 alunos (87,2%), enquanto 10 (12,8%) o consideraram correto. Pensamos que o trabalho contribuiu para chamar a atenção dos alunos para a responsabilidade social em relação à tomada de decisões, no sentido da participação social,

mesmo em questões de ordem técnica, sobre as quais julgamos que, mesmo o cidadão comum, cientificamente alfabetizado, pode opinar conscientemente (SANTOS, 2007; RICARDO, 2007).

Apresentamos, aqui, as questões que considerávamos mais relevantes para analisar os resultados obtidos com nosso trabalho, tendo em vista os objetivos já mencionados. Das análises acerca das respostas dos alunos às avaliações formais, fica claro que, no que tange às questões referentes às articulações CTS, os objetivos foram mais bem alcançados do que os resultados relacionados às questões de conhecimento químico, tendo em vista que a porcentagem de respostas consideradas acertadas foi maior nas questões que envolviam as articulações CTS.

Comparando os resultados, criamos a tabela abaixo onde apresentada dados referente à avaliação do paradidático (APD), ao teste (T) e à avaliação bimestral (AB).

**Tabela I - Comparação do desempenho dos alunos em questões de conhecimento químico e de articulações CTS**

Questões predominantemente referentes aos conceitos químicos	% de acertos <sup>36</sup>			Questões que envolviam predominantemente as articulações CTS	% de acertos <sup>37</sup>
	APD	T	AB		AB
Natureza das emissões radioativas		37,1%	14,1%	Discriminação social de gênero	71,8%
Risco das radiações à saúde		80%		Natureza provisória e falível da ciência	84,6%
Leis das emissões radioativas			75,6%	Influência de questões sociais nas decisões de ordem técnico-científica	82,0%
Datação através do $T \frac{1}{2}$ <sup>38</sup>			37,2%	Participação social em decisões de ordem técnico-científica	87,2%
Consequências possíveis dos processos de fusão nuclear			41,0%		
Modelo atômico de Rutherford (Bohr)	80,5%				

**Tabela I - Comparação entre os acertos dos alunos em questões que envolviam predominantemente conhecimento químico e compreensão das articulações CTS**

<sup>36</sup> Foram consideradas questões acertadas aquelas cujas respostas apresentavam o conhecimento cientificamente aceito como correto.

<sup>37</sup> Foram consideradas questões acertadas aquelas cujas respostas estavam de acordo com os pressupostos discutidos quanto às relações CTS.

<sup>38</sup>  $T \frac{1}{2}$  = período de meia-vida de um material radioativo. Tempo necessário para que metade da amostra deixe de ser radioativa através de sucessivas emissões.

Nesse sentido, consideramos que, apesar de os resultados não terem sido tão satisfatórios nas questões mais diretamente relacionadas ao uso dos conceitos químicos da radioatividade quanto foram nas questões relacionadas às articulações CTS, tais resultados ainda foram muito bons se comparados aos costumeiramente obtidos em anos anteriores.

Outra consideração que fazemos é a de que é mais relevante ao cidadão compreender as articulações CTS do que compreender todos os conceitos científicos envolvidos em qualquer processo isolado de um contexto. Ou seja, sabemos que não é tudo o que pensamos ensinar que, de fato, é aprendido. Assim, consideramos que uma visão mais ampla dos processos e das possíveis relações entre seus efeitos e as questões sociais e tecnológicas deve se sobrepôr a uma educação científicista e conteudista.

#### **4.2 Relatos dos alunos quanto à proposta de trabalho realizada, em questões abertas de avaliações formais (APD e AB)**

Duas oportunidades foram dadas aos alunos de se pronunciarem quanto à proposta de trabalho realizada e sua relevância para sua aprendizagem.

##### **4.2.1 Avaliação do paradidático (APD)**

A primeira delas ocorreu na APD, na questão 8, que dizia: “esta questão é livre para que você exponha em que sentido a leitura do livro paradidático, assistir ao vídeo e a preparação dos seminários contribuíram para a sua compreensão dos conceitos da radioatividade (OBS: fique livre para escrever o que realmente pensa. A única resposta considerada sem valor é não responder nada, ok?)”.

Essa avaliação foi aplicada a 36 duplas de alunos. A ela, apenas uma dupla não respondeu e as que responderam foram unânimes em considerar positiva a forma de trabalho. Em geral, os alunos relataram que o trabalho com o vídeo, o livro e a preparação dos seminários, o que envolveu a palestra, foram oportunidades de aprendizado que se destacaram pela diversidade de oportunidades de interagir com o conteúdo, despertando seu interesse pelo tema. Alguns relatos das duplas foram:

Acredito que em todos os sentidos, o vídeo, o livro e o seminário contribuem de uma maneira muito significativa para a nossa compreensão. As explicações em sala de aula também ajudaram.

A leitura do livro contribuiu muito menos que o contato com o vídeo, mas o melhor foi a palestra e os seminários, pois pudemos ver o tema 'radioatividade' de forma aberta e bem ampla, de antigamente até os dias de hoje.

Esses artifícios nos fazem compreender melhor, pois temos que pesquisar e prestar atenção para a compreensão do assunto.

Podemos observar nos relatos desses alunos que os recursos utilizados foram valorizados, ainda que em diferentes graus, mostrando a importância da utilização de estratégias metodológicas variadas, respeitando a diversidade existente entre os alunos.

Em outro registro:

É uma forma mais descontraída de se aprender sobre a radioatividade, pois se aprende na forma teórica com grupos colocando seu ponto de vista em relação ao assunto abordado, ajudando assim na nossa melhor compreensão.

notamos que os alunos valorizam o trabalho dialógico, a negociação de significados quando citam a importância em conhecer os trabalhos de outros grupos na compreensão do assunto estudado.

No próximo relato, podemos evidenciar a capacidade que os alunos tiveram de atribuir à ciência um caráter de construção humana, em acordo com a visão de ciência que defendemos, a partir da abordagem dos aspectos históricos, sociais e culturais.

Esses recursos nos mostraram a ciência de uma outra forma, dentro de um contexto histórico, social e filosófico, nos fazendo compreender melhor todo o assunto.

Outras considerações dos alunos foram:

Com todo esse projeto sobre a radioatividade, aprendemos realmente o que é a radioatividade e, conseqüentemente, acabamos com todo o preconceito vindo de acidentes passados e solucionamos várias dúvidas a respeito do tema.

Acredito que foi um dos melhores trabalhos que realizei, se toda população tivesse ganhado metade das informações adquiridas por nós nesse trabalho a opinião sobre radioatividade seria completamente diferente [...]. A informação foi importante e bastante aproveitada e vai ser para uma vida inteira.

A leitura do livro, o vídeo foram de extrema importância para reconhecermos que a mulher é capaz de desenvolver qualquer ocupação, assim como os homens.

De acordo com estes escritos, os alunos demonstram a aquisição de informações não restritas ao âmbito escolar, relacionando-as com questões sociais, como o preconceito existente em grande parte da sociedade quanto ao tema Radioatividade devido aos incidentes já ocorridos, e citando o aproveitamento das informações ao longo de sua vida futura.

Outras colocações dos alunos demonstram sua resistência quanto à forma costumeira de trabalho nas salas de aula, centrada no quadro, giz e livro didático. Essa resistência pode ser percebida quando os alunos relatam sua satisfação em vivenciar uma proposta diferenciada:

Foi bom. Pois houve mais aprofundamento da matéria de forma diferente e mais dinâmica. Ajudou a compreender melhor o assunto, mostrando passo a passo como tudo foi descoberto. Deveria ter mais trabalhos desse jeito!

Contribuíram bastante, pois fez a matéria ficar mais interessante, e não uma matéria presa só em livros e na sala de aula se tornando cansativa.

Esses materiais e o seminário nos ensinaram de uma forma nova, de uma fácil compreensão dos alunos, diferentemente do modo padrão.

Na minha opinião o modo como esse tema foi explorado foi incrível. De uma maneira objetiva e clara, pude compreender mais sobre a radioatividade.

De fato, o que mais nos chama a atenção nos relatos são as declarações sobre a mudança na forma costumeira de dar aulas, aquela em que utilizamos apenas aulas expositivas e textos dos livros. Isso demonstra como essa alteração na rotina pode fazer o interesse do aluno pelo tema crescer, demonstrando que eles não estão, de fato, alheios ao processo de aprendizado, mas, que, muitas vezes, a repetição constante das mesmas estratégias pode tornar o processo cansativo, desviando seu foco escolar dos estudos para outras coisas, como o bate-papo, as brincadeiras, indisciplina, etc.

#### **4.2.2 Avaliação Bimestral Individual (AB)**

Outra oportunidade dada aos alunos de se expressarem por escrito quanto à proposta de trabalho desenvolvida ocorreu na AB. Nela, solicitamos que escrevessem um parágrafo explicando qual a importância de estudar os aspectos históricos e culturais dos temas científicos, como fizemos no estudo da radioatividade. Para não causar nenhum tipo de direcionamento ou constrangimento nas suas colocações, foi explicitado aos alunos, e estava escrito na avaliação, que não haveria perda de pontuação de prova caso se pronunciassem desfavoráveis ao trabalho.

Dos 78 que fizeram a avaliação, três não responderam à questão. Dos que responderam, 16 parecem não ter compreendido bem a pergunta e se manifestaram sobre a importância do estudo da radioatividade e não da relevância da forma como o tema foi estudado. Perceber a relevância é positivo, visto que, no questionário de perfil dos alunos, eles não apresentavam interesse sobre os conteúdos químicos. Entre os que, de fato, responderam ao que foi solicitado, nenhum se posicionou contrário à forma como o trabalho foi realizado.

A partir da análise dos próximos registros dos alunos, podemos sugerir que compreenderam a ciência como produção social:

Estudar os aspectos históricos e culturais de um tema científico é muito bom, pois acarreta o conhecimento de muitos aspectos interessantes. Se isso não fosse estudado não saberíamos de onde veio, para que servem muitas coisas que utilizamos, que é o exemplo da Radioatividade. Se não fosse estudado, continuaríamos com aquele pensamento terrível, e a Radioatividade não deve ser temida e sim respeitada.

É importante conhecer o contexto histórico e a cultura da época porque foi uma mudança muito grande para o mundo, não podemos nos contentar com apenas a parte química da Radioatividade.

Estudar os aspectos históricos e culturais me esclareceu muitas dúvidas que eu tinha a respeito do assunto e me ajudou a relacionar a História, a Filosofia e a Sociologia com a Química. E além disso me fez entender as dificuldades que os cientistas enfrentaram naquela época.

Também notamos uma maior facilidade na compreensão dos temas, por parte dos alunos, pela atribuição de significado ao que foi estudado, e pela ruptura com a forma usual de trabalho docente ao qual demonstram resistência:

Estudando também a época, podemos entender melhor porque aquilo aconteceu se torna mais fácil entender qual era o objetivo do cientista com aquela descoberta...

É importante para que possamos entender melhor o assunto [...] acabamos nos interessando mais pelo assunto e adquirindo informações úteis.

Estudar ciências de maneira clara, objetiva e envolvendo contextos históricos e sociais facilita a aprendizagem. Nem todos têm paciência para tentar entender um assunto que é dito em termos técnicos, complicados. O conhecimento torna-se mais fácil quando apresentado de forma ampla e interdisciplinar.

...após esse estudo eu até passei a gostar mais de Química, que era uma das matérias que eu não gostava...

...importante para que não haja novos acidentes por culpa da falta de informação da população e se houver, para que assim, possamos saber como agir...

Da afirmação abaixo, pode-se inferir que compreenderam que a construção do conhecimento científico é um processo:

Estudando esses aspectos podemos entender melhor como os grandes cientistas começaram suas pesquisas e os motivos que os levaram a realizá-las. Desse modo fica mais interessante ver como tudo foi feito e planejado e não só chegar na escola e saber dos trabalhos prontos desses cientistas.

Consideramos, a partir do próximo relato, que visualizaram as articulações entre conhecimento científico e sociedade, percebendo a importância desse conhecimento em questões sociais, como a possibilidade de ocorrência de acidentes e suas consequências devido à falta de conhecimento de temas científicos por parte da população:

Estudar esses aspectos nos ajuda a compreender como a ciência está influenciando nossas vidas, como ela contribui para a transformação de uma sociedade e dos pensamentos nela envolvidos.

Pelos escritos dos alunos, fica evidente que eles consideram que a abordagem CTS para o ensino de Radioatividade contribuiu para a aprendizagem por ser motivadora, estimular a curiosidade e estar relacionada a formação de consciência cidadã, conforme discutido por Santos (2007) e Ricardo (2007), O ensino, nessa abordagem, também está de acordo com Japiassu (1999), para quem o ensino de ciências deve extrapolar o conhecimento estritamente escolar, isto é, é desejável que o ensino escolar de ciências esteja diretamente relacionado aos

processos sociais nos quais os alunos estão inseridos, para que, assim, o aluno tenha melhores condições de atribuir significado ao que está aprendendo.

Também fica explícito no relato que, em nossa proposta, o conteúdo tornou-se dotado de significado e relevância, o que pode ser um fator a contribuir para o efetivo aprendizado, conforme sugerem Matthews (1995) e Japiassu (1999).

#### **4.3 Falas dos alunos e painéis apresentados durante os seminários**

Passamos à análise dos seminários que foram avaliados pelas quatro professoras de acordo com critérios como domínio do tema, caráter interdisciplinar, entre outros (apêndice D).

De modo geral, os seminários atenderam à expectativa do trabalho. Os alunos conseguiram se expressar com propriedade usando termos químicos adequadamente e conseguiram cumprir o que lhes foi solicitado em termos de articulações CTS. Os estudantes eram solicitados a abordar cada tema proposto, integrando os aspectos científicos aos aspectos históricos, filosóficos e sociológicos. Apesar de demonstrarem certa dificuldade, principalmente no início, eles envolveram as diferentes disciplinas em suas abordagens.

É bem verdade que, dependendo do tema, uma disciplina ou outra acabava ganhando mais ênfase na apresentação dos alunos, o que consideramos natural. Os alunos também se preocuparam em fazer recortes das disciplinas, falando de cada uma separadamente, em uma demonstração nítida de tentar fazer perceber aos professores de cada disciplina que sua “matéria” estava contemplada no trabalho realizado. A nosso ver, tudo isso faz parte de uma tentativa de demonstrar domínio dos conteúdos de cada disciplina e também de uma tradição

de ensino fragmentado e da busca do aluno pela aprovação do professor, características bem marcantes na escola.

No seminário sobre a utilização da radioatividade na medicina, os alunos abordaram os exames de diagnóstico e os procedimentos de tratamento de algumas doenças. Além disso, foram capazes de discutir a dificuldade de acesso da população mais carente a este tipo de exame. Também falaram sobre os principais critérios de escolha dos isótopos a serem utilizados em diferentes procedimentos (geralmente relativos ao custo, à solubilidade e ao período de meia-vida), os exames mais modernos existentes no DF, como o PET<sup>39</sup> (Tomografia por Emissão de Prótons – sigla em inglês), recentemente instalado na cidade, entre outras questões. Eles foram além de nossas expectativas.

Em seminário que abordava a questão dos acidentes envolvendo radioatividade, os alunos ultrapassaram as discussões técnicas dos acidentes de Chernobyl e Goiânia, discutindo, também, o preconceito sofrido pelas pessoas contaminadas, a falta de informação dos cidadãos em geral quanto ao tema e as motivações políticas e ideológicas associadas ao caso de Chernobyl e às bombas lançadas sobre Hiroshima e Nagasaki.

Temas como o imperialismo europeu, a guerra fria, o positivismo e o empirismo, as discriminações de gênero e a luta por igualdade de condições entre homens e mulheres foram igualmente tratados pelos alunos nos seminários.

Quanto ao rendimento dos alunos nos seminários, apenas 7,8% não foi positivo, o que corresponde a seis alunos.

Apesar dos bons resultados em termos gerais, também houve problemas, principalmente no que se referiu a informações equivocadas. Um exemplo foi um dado levantado por uma aluna cujo tema do grupo envolvia a questão das bombas atômicas. Ela

---

<sup>39</sup> Esse exame utiliza moléculas de glicose marcadas com flúor radioativo e é capaz de detectar tumores cancerígenos, antes mesmo de surgirem alterações fisiológicas, através da absorção da glicose, que é maior em células doentes (CNEN).

disse ter sido a Alemanha quem produziu as bombas. Contudo, os demais integrantes do grupo logo a corrigiram, afirmando que foram os Estados Unidos que as desenvolveram.

Também houve problemas quanto à elaboração dos painéis e do resumo do tema que deveria ser entregue para a turma. Alguns painéis continham fotos sem legendas e alguns resumos ficaram pobres em termos de conteúdo, não refletindo o que o grupo, de fato, havia apresentado.

Esses problemas podem estar relacionados à deficiência quanto ao acompanhamento dos grupos por parte dos professores durante a elaboração dos materiais. Na verdade, nenhuma das professoras envolvidas teve contato com o painel ou com o resumo antes das apresentações, não havendo a oportunidade de orientação para que possíveis problemas fossem solucionados.

Outra dificuldade estava relacionada ao planejamento da escola, ou talvez à falta dele. Durante os trabalhos, estavam ocorrendo atividades esportivas na instituição. Essas atividades, por diversas vezes, invadiam os horários das disciplinas, prejudicando o andamento dos trabalhos. Estava também ocorrendo, simultaneamente, outro projeto interdisciplinar que envolvia todas as disciplinas e cujo tema era meio ambiente. Por mais de uma vez, houve choque nos horários de apresentações dos alunos quanto aos dois trabalhos. Era notório que os estudantes estavam sobrecarregados, assim como os professores, a ponto de uma das professoras participantes não ter assistido ao menos a metade dos seminários por estar envolvida em atividades do outro projeto.

Problemas como esses precisam ser levados em conta, pois prejudicam a operacionalização das atividades, podendo comprometer os resultados.

#### **4.4 Formulários de auto-avaliação**

A proposta de trabalhar com auto-avaliação surgiu com a finalidade de desenvolver no aluno uma maior responsabilidade e autonomia referentes ao seu aprendizado. Entregamos a cada grupo uma ficha de auto-avaliação dos seminários por eles realizados (apêndice I), na qual cada componente atribuía pontuação a si e aos demais colegas do grupo. Além disso, eles atribuía pontuação às etapas da proposta: vídeo, paradidático, explicações dos professores, seminários, palestra e avaliações. Essas etapas foram avaliadas de acordo com os seguintes critérios: relevância, qualidade do material, profundidade da discussão e desempenho dos professores.

##### **4.4.1 Auto-avaliação dos alunos**

Os alunos demonstraram dificuldade em preencher a ficha e também falta de maturidade quanto à responsabilidade que a auto-avaliação exigia. Houve casos de aparente corporativismo entre os alunos, que atribuía nota máxima a todos os componentes do grupo mesmo quando algum deles não havia desempenhado seu papel satisfatoriamente.

Dois grupos foram chamados para esclarecer seus resultados, pois os mesmos não eram coerentes em algum aspecto com o trabalho apresentado e continham resultados contraditórios entre si. Por exemplo, houve situação em que o aluno não leu o paradidático, porém, constava na ficha que a tarefa havia sido realizada por ele de forma plena.

Ao serem chamados para uma conversa na ausência do restante da turma, os alunos atribuía a falta de compromisso com a auto-avaliação à sobrecarga causada pelo excesso de tarefas escolares. Outros se mostraram surpresos em perceber nosso interesse pela auto-avaliação, alegando pensarem se tratar de algo sem maior importância.

Tais fatos podem evidenciar a dificuldade dos alunos em trabalhar com auto-avaliação. Essa dificuldade pode estar relacionada à imaturidade própria da idade, mas que acreditamos também estar relacionada ao fato de que o aluno esteja habituado a um modelo de ensino que centra apenas no professor a responsabilidade pela avaliação.

Talvez a ficha utilizada tenha se tornado complexa para os estudantes, com muitos campos a serem preenchidos, e isso também pode tê-los desmotivado a fazê-lo adequadamente. Consideramos que uma alternativa viável seria a utilização de fichas mais simples e que, ao menos nos primeiros trabalhos com auto-avaliação, o professor a fizesse juntamente com os alunos, esclarecendo sua importância e buscando com eles uma reflexão sobre cada item avaliado.

Contudo, ainda que com problemas, os resultados da auto-avaliação foram interessantes no sentido não só de avaliar as dificuldades encontradas, mas também por demonstrar que parte dos alunos conseguiu realizá-la de forma satisfatória, avaliando sua participação e a dos colegas nas etapas de desenvolvimento do trabalho e sendo capazes de justificar a sua avaliação no espaço destinado a comentários, críticas e sugestões. Um exemplo é o caso de aluno que teve pontuação muito baixa no item “comparecimento às reuniões do grupo”. Sua justificativa foi:

...não pode comparecer às reuniões do grupo por trabalhar à tarde...

O mesmo ocorreu com os alunos que não leram o paradidático ou não assistiram ao vídeo. Eles mesmos e os colegas atribuíram pontuação zero (não realizado) nesses itens, demonstrando a maturidade necessária à honestidade do processo.

#### 4.4.2 Avaliação da proposta

Na avaliação da proposta, todas as atividades desenvolvidas receberam média de notas entre bom e muito bom, conforme tabela 1. No entanto, apesar de as médias de notas serem muito próximas, houve relativa variação entre as análises dos diferentes grupos.

**Tabela II – Média das notas atribuídas pelos alunos às atividades desenvolvidas**

<b>Atividade avaliada</b>	<b>Média da pontuação atribuída</b>
Vídeo	2,54
Paradidático	2,32
Explicações	2,68
Seminário	2,50
Palestra	2,67
Avaliações	2,57

**Tabela II - Média das notas atribuídas pelos alunos às atividades desenvolvidas**

Escala: 0 – ruim; 1 – razoável; 2 – bom; 3 – muito bom.

Apesar dos resultados próximos, a avaliação do paradidático foi notadamente a mais desfavorável.

Apesar de nossa análise no presente trabalho ser qualitativa e de não tratarmos os dados estatisticamente, chamou-nos a atenção a nota mais baixa atribuída ao paradidático por ser coerente com o fato de alguns alunos não terem lido o livro. Infelizmente, boa parte dos nossos alunos não tem muito gosto pela leitura. De forma que, pelas verbalizações de alguns deles, ficava clara sua insatisfação quanto à necessidade de ler. Muitos alegaram dificuldades financeiras em adquirir o livro que foi vendido na escola, mas, mesmo depois de colegas disponibilizarem cópias, alguns ainda não leram.

É também interessante notar a diversidade reinante na sala de aula. Foram oferecidas aos alunos diversas oportunidades de interação com os conteúdos: vídeo, leitura, palestra, seminários, exposições orais, avaliações em duplas e individuais. Embora cada aluno se posicionasse mais favorável a uma das atividades do que a outras, no geral, os resultados

foram semelhantes para cada atividade desenvolvida, mostrando a diversidade dos alunos quanto à aceitação de cada estratégia.

O fato de as etapas do trabalho não terem tido avaliação muito diferenciada por parte dos estudantes pode indicar a viabilidade de uma diversidade de estratégias metodológicas na abordagem dos conteúdos respeitando as características particulares de cada aluno, conforme sugerem os documentos oficiais. Isso significa oferecer condições para que o aluno que aprende lendo tenha a oportunidade de ler, que o que aprende ouvindo tenha a oportunidade de ouvir, que o que aprende vendo tenha a oportunidade de ver, que o que aprende escrevendo tenha a oportunidade de escrever, etc.

Consideramos que, apesar das dificuldades em trabalhar com essa estratégia, principalmente a dificuldade associada ao desenvolvimento de uma cultura de co-responsabilização do aluno pelo seu processo de aprendizado, pode ser de grande valia o sistema de auto-avaliação no ensino médio por possibilitar ao aluno desenvolver a responsabilidade e a autonomia, valores essenciais à cidadania.

#### **4.5 Relatos dos professores parceiros no desenvolvimento do trabalho**

Além de nós, quatro professoras participaram da execução da proposta. Uma de História, uma de Filosofia e duas de Sociologia.

Consideramos relevante a percepção do professor quanto ao trabalho realizado, pois pensamos que, em um processo de ensino-aprendizagem, não cabe ao professor apenas o papel de ensinar, assim como não cabe ao aluno apenas o papel de aprender. Nesse processo de interação e negociação de significados, ambos, professores e alunos, tanto ensinam quanto aprendem. Nessa perspectiva e também com a intenção de avaliar aspectos positivos e negativos quanto ao trabalho, procuramos ouvir as percepções dos professores participantes.

Das quatro docentes envolvidas, apenas duas puderam ser ouvidas, tendo em vista o afastamento de uma delas por motivos pessoais e a mudança de turno de outra.

Com as duas que permaneceram na escola após a realização do trabalho, uma de História e outra de Filosofia, realizamos uma entrevista com as perguntas:

1. Você realizaria novamente um trabalho como este?
2. Quais os aspectos positivos na realização do trabalho?
3. Quais os aspectos negativos na realização do trabalho?
4. O que você faria diferente ao desenvolver novamente o trabalho?
5. Houve mudança na sua atuação como professor, decorrente da participação no trabalho? Qual?
6. Em sua avaliação bimestral, você abordou questões interdisciplinares referentes ao trabalho desenvolvido?
7. Alguma outra questão que queira relatar?

Ambas mostraram-se dispostas a desenvolver novamente o mesmo projeto ou algo semelhante. Elas também relataram terem aprendido muito com o trabalho desenvolvido. A professora de História relatou que, para ela,

foi uma experiência assim ótima, foi excelente. Eu aprendi muito com aquele trabalho. Por que eu, assim como os meninos, que tive aquela formação das gavetinhas, vi naquele trabalho como as disciplinas se integram.

Para ela, um ponto a ser melhorado seria a dificuldade dos professores em trabalhar dessa forma. Ela explica que os professores têm grandes dificuldades em conseguir identificar sua disciplina em um contexto mais amplo, como em um trabalho interdisciplinar, e, também por isso, os alunos igualmente passam a ter alguma dificuldade em integrar as disciplinas, tendendo a tratar cada uma separadamente.

Para a professora de Filosofia, apesar das dificuldades apresentadas pela docente de História,

os alunos conseguiram articular a filosofia com as outras matérias, principalmente com a Química que eles achavam que não tinha nada a ver.

Ainda para a ela,

conseguimos humanizar os filósofos da ciência tornando mais fácil absorver o conteúdo. Isso porque viram a vida dos filósofos e sua contribuição na Química. Houve significado, sentido.

Uma observação interessante da professora da Filosofia, e que também percebemos nas aulas de Química, foi o aumento no interesse pelas aulas. Segundo a professora, os alunos passaram a demonstrar maior interesse pelas aulas ao perceberem, surpresos, as contribuições da Filosofia na Ciência. Segundo ela, durante a realização do trabalho, tudo o que os alunos viam fora das aulas eles traziam e perguntavam durante elas. Isso teria contribuído, também, para estreitar os laços de relacionamento entre professor e alunos.

Já a professora de História destacou como um dos pontos mais positivos do trabalho a inserção de questões de profissionalização e de análise do mercado de trabalho relacionados à radioatividade, abordados nos seminários. De fato, após o trabalho, fomos procurados por alguns alunos que demonstraram interesse em se profissionalizar na área e querendo maiores informações sobre cursos profissionalizantes.

Ainda segundo a mesma professora, um ponto negativo que deveria ser reavaliado em projetos futuros refere-se à avaliação bimestral. De acordo com seu relato, na avaliação de História, duas questões foram formuladas de forma interdisciplinar, abordando os temas desenvolvidos nos seminários. Conforme relatado pela professora, uma análise mais

cuidadosa da avaliação demonstrou que essas foram as questões em que os alunos tiveram melhor desempenho.

Contudo, a elaboração de uma avaliação única e interdisciplinar ou a inserção de questões interdisciplinares elaboradas conjuntamente pelos professores nas avaliações de cada uma das disciplinas não foi possível devido às dificuldades dos professores e da estrutura da escola, que não permitia maior tempo de planejamento conjunto. Reside, nesse fato, a crítica da professora. Segundo ela, não conseguimos, em alguma medida, realizar aquilo que solicitamos dos alunos.

De fato, na avaliação de Filosofia, a professora da disciplina relatou não constar nenhuma questão interdisciplinar coerente com o trabalho desenvolvido. Segundo ela, esse seria um ponto negativo do trabalho que está relacionado à dificuldade do professor em planejar conjuntamente as atividades e em articular suas disciplinas com as demais.

Diante dos relatos das professoras, consideramos que o trabalho foi extremamente positivo, tendo em vista sua contribuição no sentido de favorecer a compreensão das articulações CTS pelos alunos, e, sobretudo, por permitir ao professor, tão especializado em sua disciplina, também compreender melhor tais relações. Positivo também por permitir ao docente um momento de reflexão sobre sua prática, favorecendo a compreensão de suas dificuldades, primeiro passo na busca pelo aperfeiçoamento.

#### **4.6 Desempenho dos alunos quanto à aprovação escolar**

Essa proposta de ensino foi desenvolvida no 3º bimestre do ano letivo de 2007, em sete turmas de 2º ano em uma escola pública do DF. Conforme já exposto, por dificuldades de tempo e para melhor sistematização do trabalho, foram aleatoriamente selecionadas duas turmas para análise de dados.

Como professores, nosso desejo é que nossos alunos, de fato, aprendam o que nos propomos a ensinar, o que leva à aprovação escolar e prosseguimento dos estudos. Assim, a despeito de possíveis controvérsias quanto ao modelo de organização da educação formal da qual fazemos parte e a despeito também das discussões sobre o papel da avaliação de aprendizagem e os mecanismos ideais de sua execução, passamos a analisar o desempenho obtido pelos alunos.

Consideramos as dificuldades em comparar o desempenho dos alunos na abordagem de diferentes conteúdos, bem como a dificuldade em comparar o desempenho de turmas diferentes em anos diferentes, quanto à abordagem do mesmo tema. Por outro lado, não houve a possibilidade operacional de desenvolvimento desse trabalho com grupos de controle e testemunha, uma vez que os demais professores envolvidos não tinham interesse acadêmico no trabalho realizado.

Assim, tal análise não tem caráter quantitativo e também não pretende ter caráter conclusivo. Pretende apenas investigar se houve mudança no desempenho médio dos alunos quanto à aprovação no bimestre em que a proposta foi desenvolvida, comparado aos demais bimestres em que, apesar de incorporarmos uma concepção de que o ensino deve ser construído com base nos pressupostos já discutidos, não construímos efetivamente uma proposta com tal finalidade.

Foram 76 os alunos que concluíram o terceiro bimestre (em que foi aplicada a proposta) nas duas turmas acompanhadas. Durante o ano letivo, ocorre uma flutuação no número de alunos, pois há aqueles que saem e há outros tantos que entram. Contudo, nas análises que fizemos, tal flutuação foi levada em conta e, por isso, apresentamos os dados em porcentagem.

**TABELA III – Aproveitamento bimestral dos alunos<sup>40</sup>**

<b>Bimestre</b>	1°	2°	3°	4°
<b>Aproveitamento</b>	60%	77,2%	81,6%	39,7%

Tabela III - Percentual de alunos aprovados em cada bimestre

Na tabela, é possível observar que, no terceiro bimestre, em que se deu o desenvolvimento dos trabalhos sobre radioatividade, o desempenho dos alunos em termos de aprovação foi melhor do que nos demais bimestres. Isso pode indicar que, quando as atividades visam a criar mecanismos que permitam aos alunos atribuir significado ao que estão aprendendo, eles tendem a se interessar mais em aprender e se identificam com o trabalho, favorecendo a aprendizagem, conforme relatos deles mesmos.

Um problema verificado foi a queda no desempenho dos estudantes no quarto bimestre. Segundo relatos de alguns, isso ocorreu porque eles priorizam, no último bimestre, as disciplinas em que têm necessidade de alcançar maior pontuação, o que nos faz pensar se a escola, de fato, cumpre o seu papel, uma vez que o aprendizado fica em segundo plano, valendo mesmo a “nota”, requisito tido como primordial para a promoção do aluno.

Outra hipótese para o baixo desempenho no quarto bimestre, o único em queda, pode estar relacionada ao não atendimento das expectativas dos alunos. Conforme mencionado, nos demais bimestres, não desenvolvemos atividades cuidadosamente planejadas e teoricamente fundamentadas com objetivos como os do trabalho com o tema Radioatividade. Nesse caso, podemos supor que os alunos tenham criado expectativas de realização de um novo trabalho nos moldes do anterior, o que não ocorreu. Contudo, não foi feita uma investigação acerca do assunto, o que não nos permite fazer muitas inferências.

---

<sup>40</sup> Os valores referem-se ao percentual de alunos que obtiveram média igual ou superior a 50% do total, conforme normas da Secretaria de Estado de Educação do DF.

Ao final do ano letivo, as turmas contavam com 72 alunos no total. Destes, seis não obtiveram aprovação, o que representa 8,3%. Dos seis, quatro estão no grupo dos que não obtiveram sucesso também no bimestre em que a proposta foi aplicada.

Discutir os fatores que levam um aluno à reprovação escolar é um tema amplo e controverso, pois esses fatores podem ser de naturezas muito variadas. Há possibilidade de que o problema esteja no interior da escola ou mesmo fora dela. Não é nosso interesse discutir o assunto nesse trabalho. Contudo, é preciso notar que, mesmo uma proposta baseada na pluralidade de estratégias metodológicas como a nossa, em que disponibilizam-se diferentes formas de interação com o conteúdo abordado e tenta-se inserir o conhecimento escolar na vida do cidadão, não alcança todos os alunos. Apesar disso, consideramos a viabilidade do trabalho realizado por entendermos que os resultados obtidos foram satisfatórios em diversos aspectos, inclusive no que se refere ao desempenho discente.

#### **4.7 Respostas dos alunos ao questionário aplicado um ano após a execução dos trabalhos**

Em 2008, um ano após a aplicação da proposta, um questionário (apêndice H) foi submetido aos alunos, agora no terceiro ano, com a intenção de investigar se, e como, a proposta de ensino desenvolvida ao longo do 2º ano os tinha impactado e qual era a avaliação deles quanto ao trabalho após um período considerável de tempo.

Nossa intenção era de que os alunos respondessem ao questionário sem que soubessem de nosso vínculo ou de nossas pretensões com o instrumento. Tal preocupação justifica-se principalmente pelo fato de o trabalho desenvolvido ter propiciado a criação de laços de amizade mais fortes entre professor e alunos, podendo interferir de forma tendenciosa na resposta ao questionário.

Assim, solicitamos à professora de Química do 3º ano que aplicasse o questionário por nós elaborado como uma atividade de avaliação e investigação de sua disciplina. Aos alunos que permaneceram no segundo ano, o questionário não foi aplicado por considerarmos que a nossa presença como professora da disciplina pudesse interferir nos resultados.

Nesse questionário, várias perguntas que não são foco deste trabalho foram inseridas com o intuito de não transparecer aos alunos nenhum vínculo com a professora do ano anterior ou com o trabalho realizado. Das perguntas constantes do questionário, as que nos interessavam eram as de números 7 a 11.

O total de alunos das turmas analisadas que responderam ao questionário foi 46.

**Pergunta 7:** Que assunto(s) relacionados(s) à disciplina de Química mais lhe interessa(m)?

Resultados:

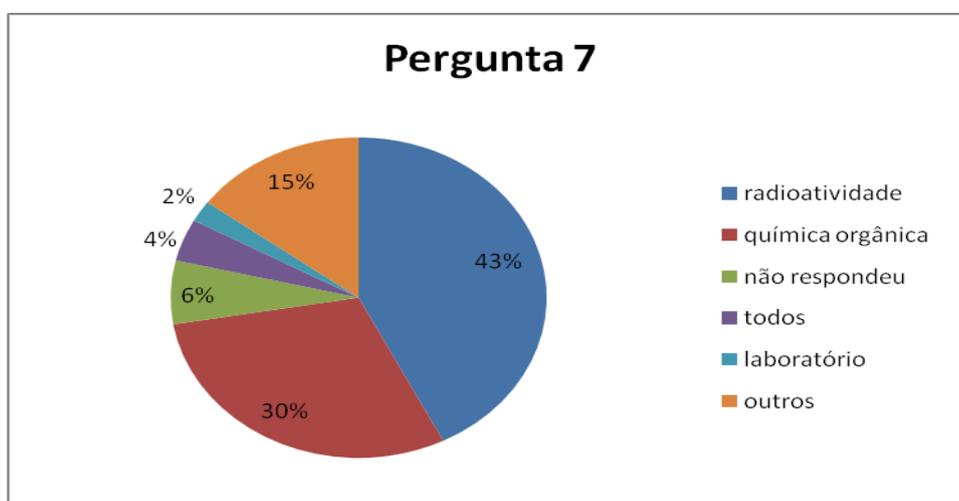


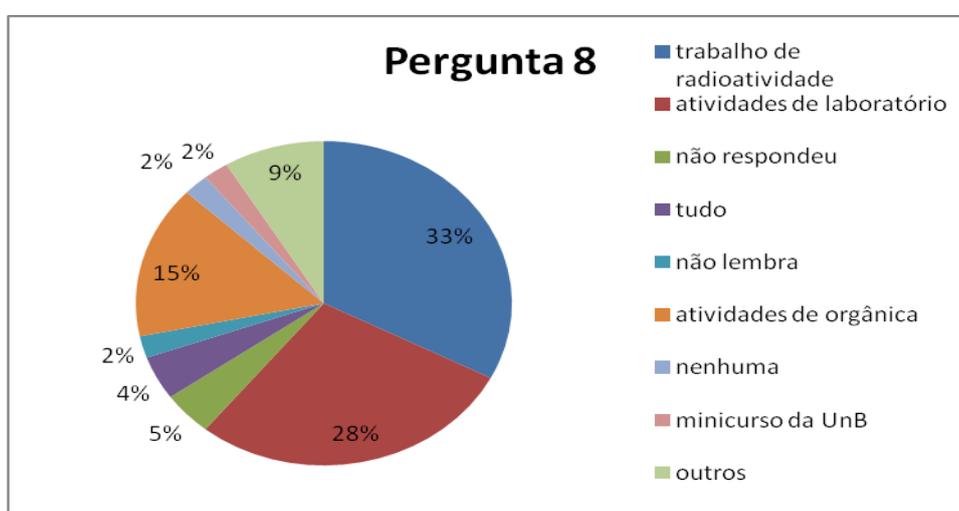
Gráfico I - Respostas dos alunos à questão 7

Observamos que, mesmo após um ano da realização dos trabalhos, os alunos continuam citando a radioatividade como assunto que mais lhes interessa ligado à disciplina. É bem verdade que seu interesse pelo assunto pode estar relacionado a outros fatores, como a mídia, por exemplo. Contudo, consideramos que assuntos abordados ao longo do 3º ano,

como seminários sobre drogas, alimentos e remédios, também estão presentes na mídia e não foram tão citados, o que nos permite supor um vínculo entre o trabalho realizado e o interesse dos alunos pelo tema.

**Pergunta 8:** Que atividade da disciplina de Química você vivenciou que mais o agradou?

Resultados:



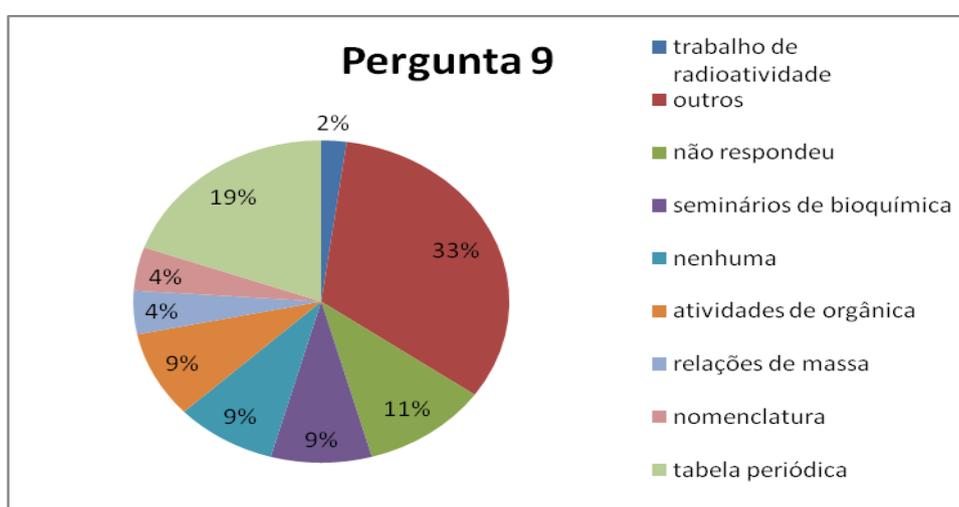
**Gráfico II - Respostas dos alunos à questão 8**

Os alunos relataram, em sua maioria, ter sido o trabalho de radioatividade o que mais gostaram de realizar. É interessante notar que, no ano da aplicação do questionário, o laboratório de Química da escola estava sendo utilizado pela professora, o que não ocorreu em anos anteriores. Assim, esperávamos que as atividades experimentais fossem apontadas pela maioria dos alunos como atividade que mais gostavam de realizar. Contudo, embora sendo o tema Radioatividade estritamente teórico, consideramos que a forma como foi abordado pode ter contribuído para que boa parte dos alunos gostasse das atividades que desenvolvemos.

Consideramos ainda que, gostar das atividades que se desenvolve pode estar diretamente relacionado com o fato de se estar pré-disposto a realizar tais atividades e que esta pré-disposição é condição essencial à aprendizagem.

**Pergunta 9:** Que atividade da disciplina de Química você vivenciou que menos o agradou?

Resultados:



**Gráfico III - Respostas dos alunos à questão 9**

Nessa questão, podemos perceber que os alunos vincularam as atividades aos conteúdos. Os dois por cento que declararam não ter gostado de participar do trabalho equivaleram a um aluno apenas, mostrando a grande aceitação da proposta. Considerando que os alunos têm personalidades distintas, não esperávamos unanimidade na aceitação da proposta. No entanto, esperávamos que mais alunos posicionassem-se contrários ao trabalho realizado.

Tal aceitação foi surpreendente principalmente por estarmos acostumados, como professores de ensino médio, a lidarmos com situações em que a maioria dos alunos sempre se posiciona contrária à maioria das atividades que propomos. Consideramos, mais uma vez,

que a forma como o tema foi abordado permitiu aos alunos atribuir significado ao que aprendiam (MATTHEWS, 1995), tornando o aprendizado mais prazeroso.

**Pergunta 10:** Que atividade da disciplina de Química você vivenciou que mais contribuiu para o seu aprendizado?

Resultados:

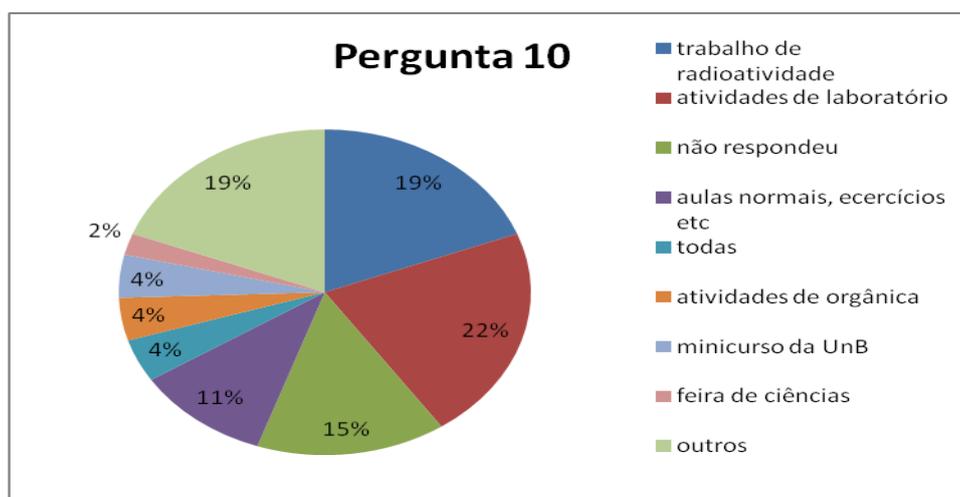


Gráfico IV - Respostas dos alunos à questão 10

As respostas a essa questão são coerentes com as da questão 8. De forma geral, os alunos consideraram que as atividades das quais mais gostaram de participar são aquelas que acreditam ter contribuído mais para o seu aprendizado. Destacamos a boa avaliação da proposta de ensino de radioatividade, praticamente empatada na opinião dos alunos com as atividades de laboratório.

Mais uma vez, destacamos que, apesar de a dimensão empírica ser muito importante no ensino de ciências e dos alunos darem a ela grande valor, como podemos inferir de suas respostas, a abordagem de um tema puramente teórico, como é o caso da Radioatividade no ensino médio, feita de forma a proporcionar aos alunos diversas possibilidades de interação com o tema e em uma perspectiva CTS, mostrou-se relevante para os alunos conforme

evidenciam os dados apresentados, favorecendo na atribuição de significado pelo estudante ao que aprende (MATTHEWS, 1995), compreendendo a ciência em sua dimensão histórica, cultural, social, política, etc, conforme propõe Japiassu (1999).

**Pergunta 11:** Que atividade da disciplina de Química você vivenciou que menos contribuiu para o seu aprendizado?

Resultados:

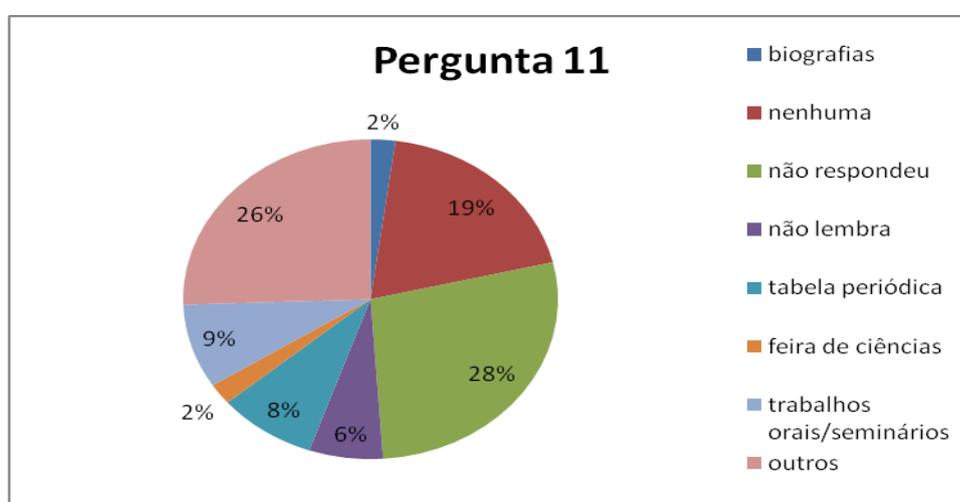


Gráfico V - Respostas dos alunos à questão 11

Nessa pergunta, o trabalho por nós realizado não aparece explicitamente, contudo, a referência de um aluno ao trabalho com biografias e a referência de quatro alunos aos trabalhos orais e seminários pode estar relacionado à nossa proposta, ou aos seminários apresentados no 1º bimestre do terceiro ano (drogas, álcool, alimentos, etc) conforme relatos da atual professora.

Alunos mais tímidos e com dificuldade de se expressarem em grupos maiores podem apresentar dificuldades na apresentação de seminários. Contudo, essa é uma dificuldade que pode ser superada em tais oportunidades. Além disso, em nossa proposta, outras oportunidades de aprendizado foram oferecidas, pois consideramos a necessidade de um

pluralismo metodológico que atenda aos diferentes perfis cognitivos dos diferentes alunos em uma classe.

Quanto ao estudo de biografias no ensino de Ciências, consideramos que o mesmo é importante desde que realizado de forma contextualizada e coerente com os objetivos de ensino, para favorecer a construção de uma visão de Ciência como construção humana. Apesar disso, tal prática não é comum no ensino atual, o que pode contribuir para que alguns alunos não percebam sua importância, já que tal prática não costuma fazer parte de sua vivência escolar.

De todos os dados apresentados, talvez o mais expressivo seja a importância atribuída pelos alunos ao trabalho desenvolvido tanto no sentido de terem gostado de realizá-lo quanto no sentido de considerarem ter sido o trabalho que mais contribuiu para o seu aprendizado em Química. Tais dados foram obtidos a partir do questionário aplicado aos alunos do 3º ano. O fato de não haver nenhum vínculo aparente entre a professora autora da proposta e o questionário em questão reforça a idéia de que não houve qualquer tipo de direcionamento nas respostas dos alunos. Logo, poderia se esperar que os alunos fizessem maior alusão às atividades desenvolvidas na série em curso tanto pela presença da professora quanto por serem as atividades mais recentes. Contudo, não foi o que se verificou em suas respostas.

#### **4.8 Outras considerações**

A rotina da escola é extremamente dinâmica. Por isso, os planejamentos são flexíveis, já que precisam se adaptar ao dinamismo escolar. Contudo, na escola pública, em especial, alguns fatores são verdadeiros inimigos de um bom trabalho. Por inúmeras vezes, ao longo da execução de nossa proposta, fatores alheios à nossa capacidade de gerenciamento vieram ameaçar a realização das atividades. Não nos referimos apenas aos dias de paralisações – e

que fique claro que não estamos defendendo o fim dos direitos trabalhistas, mas relatando as dificuldades existentes no desenvolvimento das atividades escolares –, que quebram a seqüência das atividades, nem aos horários reduzidos por motivos de reuniões ou comemorações diversas e nem à necessidade de atendimento de mais de uma turma ao mesmo tempo pela falta de substitutos para professores ausentes por motivos de saúde, etc.

Não que tais problemas já não sejam extremamente prejudiciais à qualidade do ensino que se pretende oferecer. Mas outros vêm ainda se somar a estes. Alguns são falta de funcionário responsável pelos equipamentos áudio-visuais, o que faz com que o professor perca um tempo precioso procurando o cabo do vídeo, o controle remoto ou, ainda, a chave da sala de vídeo; falta de condições de arcar com o deslocamento do palestrante e até mesmo de organizar cadeiras no auditório para as palestras; ocorrência de jogos nos horários de aulas; choques de atividades escolares, que fazem com que o aluno se veja obrigado a decidir de qual das atividades deixará de participar, sendo penalizado por isso, etc.

Soma-se também a dificuldade em efetivamente planejar, juntamente com os demais professores, as atividades a serem desenvolvidas, uma vez que, nos horários destinados a isso, discute-se questões administrativas ou digita-se material, pois não há profissional para realizar tal tarefa, restando, muitas vezes, o tempo de intervalo para o planejamento, ou nem isso.

Enfim, inúmeras são as questões que contribuem para o insucesso de propostas de ensino que vão além da sala de aula, livro, quadro e giz. A partir disso surge a nossa intenção de desenvolver um trabalho nesse programa de pós-graduação dentro da escola, nas condições reais da instituição, com todas as turmas que um professor tem, com o elevado número de alunos nessas turmas, com a falta de setores de apoio que efetivamente funcionem, enfim, com todas as dificuldades inerentes à escola, em especial à escola pública.

No entanto, é preciso relatar que, com a demanda de trabalho extra que tais dificuldades nos impuseram, ainda que as questões a resolver tenham sido inúmeras e, na

maioria das vezes, tenham sido questões que não deveriam sequer existir, ainda assim, consideramos que o esforço dispensado não foi em vão, mas trouxe resultados positivos. Não apenas resultados referentes aos dados já discutidos, mas também uma mudança significativa no que se refere à forma como o professor vê seus alunos e como os alunos vêem seu professor.

O salto na qualidade do relacionamento entre nós e os alunos é um dado que não pode deixar de ser considerado. Estabeleceu-se uma relação de maior cumplicidade e respeito. Aqueles alunos que costumam passar despercebidos ao longo do ano passaram a ser percebidos pelo professor, pois se estabelece necessariamente uma maior interação.

Ao se interessarem pelo tema tratado e pelas atividades propostas, os estudantes começaram a estabelecer um maior canal de diálogo com o professor. Surgiram conversas no corredor, dúvidas ao fim das aulas e intervalos que começamos a passar juntos, discutindo questões ligadas aos temas abordados ou ainda outras, de diversas naturezas, estabelecendo-se, assim, um vínculo de amizade que pode, inclusive, contribuir com o processo de aprendizagem do aluno, além de motivar o professor.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nossa motivação inicial para o desenvolvimento deste trabalho foi a constatação da perda de interesse dos alunos quanto às questões relacionadas à radioatividade conforme avançávamos no conteúdo. O que mais nos intrigava era o fato de os alunos inicialmente se mostrarem interessados e curiosos quanto ao tema e perderem esse interesse inicial na medida em que ministrávamos as aulas e solicitávamos a resolução de exercícios. Também nos chamou a atenção o fato de os alunos novamente se mostrarem interessados quando abordávamos questões históricas e atuais.

A partir disso, buscamos, na literatura acerca das relações CTS e das contribuições da utilização da História e da Filosofia da Ciência, o auxílio necessário ao desenvolvimento desta proposta de ensino de radioatividade, que teve a pretensão de integrar a Química com outras áreas do conhecimento a partir de uma abordagem CTS interdisciplinar.

Nesse sentido, juntamente com os professores de História, Filosofia e Sociologia, em um trabalho integrado entre as quatro disciplinas, buscamos alternativas que permitissem aos alunos a aquisição não apenas do conhecimento científico em um sentido reducionista, mas desse conhecimento articulado ao contexto cultural em que está inserido. Além disso, pretendemos que eles se tornassem habilitados a discutir questões relacionadas à energia nuclear, à saúde, à natureza das emissões radioativas, à datação de objetos e da própria Terra, dentre outras relacionadas à radioatividade, bem como discutir as relações de gênero na sociedade, as motivações e ambições humanas que influenciam e determinam a utilização do conhecimento científico, as relações éticas na Ciência, dentre outros. Objetivamos, assim, ajudar a diminuir a distância que nossos alunos e a sociedade em geral vêm entre a Ciência e os processos sociais e cotidianos.

Avaliar a contribuição de uma proposta CTS para o ensino, na perspectiva de que essa contribua para a formação de cidadãos críticos e conscientes dos seus deveres junto à sociedade e ao ambiente, é algo que pode se tornar muito difícil, pois poderia supor-se que tal empreendimento requereria o acompanhamento do aluno até sua efetiva participação social, fora do âmbito da escola. Consideramos, todavia, que os dados apresentados sinalizam na direção de que este trabalho contribuiu para a construção de uma visão de ciência humana, falível e mutável, não neutra e imersa em um contexto histórico e cultural no qual não apenas a Ciência sofre influencia, mas ao qual também influencia.

Acreditamos que essa proposta contribuiu, também, para que os alunos se tornassem mais curiosos e interessados quanto ao tema científico abordado, buscando, fora da escola, questões a ele relacionadas e trazendo-as para debates em sala de aula. Além disso, despertou o interesse dos alunos pela profissionalização na área de ciências, fazendo-os buscar informações sobre cursos e a interagir com profissionais já inseridos no mercado de trabalho, através de entrevistas e questionamentos realizados em sala de aula e durante a palestra proferida pela funcionária da CNEN.

Com o trabalho, pudemos notar uma maior responsabilidade do aluno quanto ao seu processo de aprendizado através da auto-avaliação e da cooperação individual para o sucesso pessoal e dos grupos de trabalho.

Acima de tudo, consideramos, além do impacto positivo causado aos alunos, extremamente positiva a oportunidade oferecida aos professores participantes de se auto-avaliarem e serem avaliados pelos alunos durante a execução dos trabalhos. De fato, percebemos nossas dificuldades pessoais e institucionais de forma mais significativa quando nos dispomos a refletir sobre nossa prática, atitude que é favorecida pelo trabalho coletivo e pela avaliação dos alunos.

Consideramos, também, a possibilidade da articulação dessa proposta integrada a outras disciplinas escolares, como Física, Biologia e Geografia, por exemplo. E, ainda, a possibilidade de desenvolver, dentro da proposta apresentada, uma discussão crítica mais profunda quanto às polêmicas sociais relacionadas aos usos da radioatividade, proporcionando aos alunos momentos onde possam construir e expressar, de forma sistemática, suas opiniões pessoais, a partir da aquisição dos conhecimentos científicos e de sua articulação com questões tecnológicas na sociedade.

A aplicação desta proposta no ano de 2008 ocorreu com algumas modificações motivadas, principalmente, por dificuldades de ordem administrativa e organizacional da escola. Em 2009, fomos procurados pela atual professora das turmas de 2º ano, que buscava informações para desenvolver o trabalho com seus alunos, o que vem ocorrendo no presente momento, confirmando a viabilidade de implantação do trabalho no contexto da escola pública.

Por fim, ponderamos que houve ganho em qualidade no aprendizado dos alunos e ganho na qualidade do relacionamento professor-aluno, extremamente favorecido pela integração que o trabalho exigiu. Além disso, o ganho mais expressivo talvez tenha sido o pessoal e o profissional do docente, que não mais se contenta em fazer de sua prática algo aquém daquilo que desafia tanto aos seus alunos quanto a si mesmo a crescer.

## REFERÊNCIAS

- AMARAL, I. A. do. Educação Ambiental e o ensino de Ciências: uma história de controvérsias. In: **Pro-Posições**. Campinas, v. 12, n. 1(34), p. 73-93, mar. 2001.
- ANDRÉ, M. E. D. A. de. **Etnografia da prática escolar**. 5ª ed. Campinas: Papyrus, 1995.
- AULER, D. Enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade: Pressupostos para o contexto brasileiro. In: **Ciência e Ensino**. Campinas, v. 1, número especial, nov. 2007.
- BACHELARD, G. **A Formação do espírito científico**: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BARRA, E. S. O. A realidade do mundo da ciência: um desafio para a história, a filosofia e a educação científica. In: **Ciência & Educação**. Bauru, v. 5, n. 1, p. 15-26, 1998.
- BASTOS, F.; NARDI, R.; DINIZ, R. E. da S.; CALDEIRA, A. M. de A. Da necessidade de uma pluralidade de interpretações acerca do processo de ensino e aprendizagem em Ciências. In: NARDI, R.; BASTOS, F.; DINIZ, R. E. da SILVA. **Pesquisas em ensino de Ciências**: contribuições para a formação de professores. São Paulo: Escrituras Editora, p. 9-55, 2004.
- BRASIL. Ministério da Educação/Secretaria de Educação Básica. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio**: Ciências da natureza, Matemática e suas tecnologias, volume 2. Brasília: MEC/SEB, 2006.
- BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). **PCN + Ensino Médio**: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC/Semtec, 2002.
- FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 1996.
- COLEÇÃO GRANDES EDUCADORES - Paulo Freire. Apresentação Maria Gadotti e Ângela Antunes. Produzido por Atta Mídia e Educação. São Paulo. (51 min.); VHS, som, col..
- CABRAL, C. F. B.; PELICIONI, M. C. F. Agenda 21 em Casa e na Escola: da Teoria à prática. In: PHILIPPI Jr, A.; PELICIONI, M. C. F. **Educação Ambiental e Desenvolvimento de cursos e projetos**. 2ª ed. São Paulo: USP, Faculdade de Saúde Pública. Núcleo de Informações em Saúde Ambiental: Signus, 2002.
- CACHAPUZ, A.; PRAIA, J.; JORGE, M. Da educação em ciências às orientações para o ensino das ciências: um repensar epistemológico. In: **Ciência & Educação**. Bauru, v. 10, n. 3, p. 363-381, 2004. Disponível em <[www2.fc.unesp/cienciaeducacao/viewissure.php?id=3](http://www2.fc.unesp/cienciaeducacao/viewissure.php?id=3)>. Acesso em 20 de abril de 2008.
- CARDOSO, E. M. de. **Programa de integração CNEN**. Comissão Nacional de Energia Nuclear. Disponível em <[www.cnen.gov.br](http://www.cnen.gov.br)>. Acesso em 10 de fevereiro de 2007.

CARDOSO, E. M. de; ALVES, I. P.; BRAZ, C.; PESTANA, S. **Aplicações da energia nuclear**. Comissão Nacional de Energia Nuclear. Disponível em <www.cnen.gov.br>. Acesso em 10 de fevereiro de 2007.

CARDOSO, E. M. de; ALVES, I. P.; LIMA, J. M. de; SILVA, P. P. de L. e; BRAZ, C.; PESTANA, S. **Energia nuclear**. Comissão Nacional de Energia Nuclear. Disponível em <www.cnen.gov.br>. Acesso em 10 de fevereiro de 2007.

CARDOSO, E. M. de; ALVES, I.P.; LIMA, J. M. de; TAHUATA, L.; FILHO, P. F. H.; BRAZ, C.; PESTANA, S. **Radioatividade**. Comissão Nacional de Energia Nuclear. Disponível em <www.cnen.gov.br>. Acesso em 11 de fevereiro de 2007.

CAVALCANTE, R. O vilão virou herói. In: Superinteressante. São Paulo, v. 241, jul., 2007.

CHALMERS, A. F. **O que é Ciência afinal?** São Paulo: Brasiliense, 1993.

EICHLER, M. L.; JUNGES, F.; DEL PINO, J. C. O papel do jogo no ensino de radioatividade: os softwares Urânio-235 e Cidade do Átomo. In: **RENOTE – Revista Novas Tecnologias na Educação**. Porto Alegre, v. 3, n.1, mai. 2005. Disponível em <www.cinted.ufrgs.br/renote/>. Acesso em 20 de junho de 2008.

\_\_\_\_\_. Cidade do Átomo, um software para o debate escolar sobre energia nuclear. In: **Física na escola**, São Paulo, v.7, n.1, p. 17-21, 2006. Disponível em <www.sbfisica.org.br/fne/>. Acesso em 20 de junho de 2008.

EICHLER, M. L.; PERRY, G. T.; GONÇALVES, M. R.; DEL PINO, J. C. Energos, um objeto de aprendizagem para o debate escolar sobre os meios de produção de energia elétrica. In: **RENOTE – Revista Novas Tecnologias na Educação**. Porto Alegre, v. 4, n.2, dez. 2006. Disponível em <www.cinted.ufrgs.br/renote/>. Acesso em 20 de junho de 2008.

ENGUIITA, M. F. **Educar em tempos incertos**. Porto Alegre: Artmed, 2004.

FÁVERO, M. H. **Psicologia e conhecimento: subsídios da psicologia do desenvolvimento para a análise de ensinar e aprender**. Brasília: Editora UnB, 2005.

FAZENDA, I. C. A. (Org.). **Práticas interdisciplinares na escola**. 2ª ed. São Paulo: Cortez, 1993.

\_\_\_\_\_. **Interdisciplinaridade: história, teoria e pesquisa**. São Paulo: Papirus, 1994.

JAPIASSU, H.. **Interdisciplinaridade e patologia do saber**. Rio de Janeiro: Imago, 1976.

\_\_\_\_\_. **Um desafio à educação: repensar a pedagogia científica**. São Paulo: Letras e Letras, 1999.

KRASILCHIK, M. Formação de professores e ensino de ciências tendências nos anos 90. In: MENEZES, L. C. de. **Formação Continuada de professores de ciências – no âmbito ibero-americano**. Campinas: Editora Autores Associados, 1996.

- KUHN, T. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Perspectiva, 2007.
- LATOURET, B. **Ciência em ação: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora**. São Paulo: Unesp, 2000.
- LUTFI, M. **Os ferrados e os cromados: produção social e apropriação privada do conhecimento químico**. Ijuí: UNIJUÍ, 1992.
- MARTINS, J. B. **História da energia nuclear**. Disponível em <www.cnen.gov.br>. Acesso em 27 de outubro de 2008.
- MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. In: **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. Santa Catarina, v. 12, n. 3, p. 164-214, dez. 1995.
- MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.
- \_\_\_\_\_. Aprendizagem significativa crítica. Instituto de Física da UFRGS, RS, Brasil. In: **III ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**. Lisboa: Peniche, 2000. Anais, p. 33-45.
- MORTIMER, E. F. **Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciência**. Belo Horizonte: UFMG, 2000.
- NARDI, R.. Memórias da educação em ciências no Brasil: a pesquisa em ensino de Física. In: **Investigações em ensino de ciências**. Porto Alegre, v. 10, n. 1, mar. 2005. Disponível em <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>>. Acesso em 26 de agosto de 2007.
- NOGUEIRA, N. R. **Pedagogia de projetos: uma jornada interdisciplinar rumo ao desenvolvimento das múltiplas inteligências**. São Paulo: Érica, 2001.
- NOUAILHETAS, Y.; ALMEIDA, C. E. B. de; PESTANA, S. **Radiações ionizantes e a vida**. Comissão Nacional de Energia Nuclear. Disponível em <www.cnen.gov.br>. Acesso em 15 de maio de 2007.
- O CLÁ CURIE. Direção Bernar Choquet. Realização Gilgamesh/la Cinqüième, França, 1996. (26 min.); VHS, som, preto branco e preto.
- PARKER, S. **Marie Curie e a Radioatividade**. Caminhos da Ciência. São Paulo: Scipione, 1996.
- PEDUZZI, L. O. Q. Sobre a utilização didática da história da ciência. In: PIETROCOLA, M. (Org.). **Ensino de Física: conteúdo e epistemologia numa concepção integradora**. Florianópolis: EDUFSC, 2001, p. 151-170.
- PENIN, S. **Cotidiano e escola: a obra em construção**. 2ª ed. São Paulo: Cortez, 1995.
- PIETROCOLA, M. Construção e realidade: o realismo científico de Mário Bunge e o ensino de ciências através de modelos. In: **Investigações em Ensino de Ciências**. Porto Alegre, v. 4, n. 3, dez. 1999.

PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. Ciência, Tecnologia e Sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do Ensino Médio. In: **Ciência & Educação**. Bauru, v. 13, n. 1, jan/abr. 2007. Disponível em <[www2.fc.unesp.br/cienciaeducacao/](http://www2.fc.unesp.br/cienciaeducacao/)>. Acesso em 18 de junho de 2008.

POPPER, K. **A lógica da pesquisa científica**. 9ª ed. São Paulo: Cultrix, 1993.

QUINN, S. **Marie Curie, uma vida**. São Paulo: Scipione Cultural, 1997.

RICARDO, E. C. Educação CTSA: obstáculos e possibilidades para sua implementação no contexto escolar. In: **Ciência e Ensino**. Campinas, v. 1, número especial, nov. 2007. Disponível em <[www.ige.unicamp.br/ojs/index.php/cienciaeensino/article/viewPDFInterstitial/160/113](http://www.ige.unicamp.br/ojs/index.php/cienciaeensino/article/viewPDFInterstitial/160/113)>. Acesso em 21 de julho de 2008.

RIVED – Rede Internacional Virtual de Educação. **Fusão nuclear**. Disponível em <[www.rived.mec.gov.br/site\\_objeto\\_lis.php](http://www.rived.mec.gov.br/site_objeto_lis.php)>. Acesso em 21 de janeiro de 2007.

\_\_\_\_\_. **Propriedades das emissões radioativas – cargas**. Disponível em <[www.rived.mec.gov.br/site\\_objeto\\_lis.php](http://www.rived.mec.gov.br/site_objeto_lis.php)>. Acesso em 20 de janeiro de 2007.

\_\_\_\_\_. **Propriedades das emissões radioativas – poder de penetração**. Disponível em <[www.rived.mec.gov.br/site\\_objeto\\_lis.php](http://www.rived.mec.gov.br/site_objeto_lis.php)>. Acesso em 20 de janeiro de 2007.

\_\_\_\_\_. **Tempo de meia-vida**. Disponível em <[www.rived.mec.gov.br/site\\_objeto\\_lis.php](http://www.rived.mec.gov.br/site_objeto_lis.php)>. Acesso em 20 de janeiro de 2007.

SÁ, M. B. Z. **O enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade nos textos sobre radioatividade e energia nuclear nos livros didáticos de Química**. Dissertação (Pós Graduação em Educação para a Ciência e o Ensino de Matemática). Centro de Ciências Exatas. Universidade Estadual de Maringá: Maringá, 2006. Disponível em <[www.pcm.uem.br/dissertacoes/2006\\_marilde\\_beatriz\\_zorzi\\_sa.pdf](http://www.pcm.uem.br/dissertacoes/2006_marilde_beatriz_zorzi_sa.pdf)>. Acesso em 10 de janeiro de 2007.

SÁ, H. C. A.; SILVA, R. R. A interdisciplinaridade e a educação. In: **XIV ENCONTRO CENTRO-OESTE DE DEBATES SOBRE O ENSINO DE QUÍMICA**. Cuiabá, 2005. Anais.

SAMAGAIA, R.; PEDUZZI, L. O. Q. Uma experiência com o projeto Manhattan no Ensino Fundamental. In: **Ciência & Educação**. Bauru v. 10, n. 2, p. 259-276, jan/abr. 2007. Disponível em <[www2.fc.unesp.br/cienciaeducacao/](http://www2.fc.unesp.br/cienciaeducacao/)>. Acesso em 18 de junho de 2008.

SANTOS, W. L. P. dos. Contextualização no ensino de Ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. In: **Ciência e Ensino**. Campinas, v. 1, número especial, nov. 2007.

SANTOS, W. L. P. dos. Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. In: **Revista Brasileira de Educação**. Rio de Janeiro, v. 12, n. 36, p. 474-492, set/dez. 2007.

SANTOS, W. L. P. dos; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (ciência-tecnologia-sociedade) no contexto da educação brasileira. In: **Ensaio: pesquisa em educação em ciências**. Belo Horizonte, v. 2, n. 2, 133-162, dez. 2000.

SILVEIRA, F. L. A filosofia da ciência de Karl Popper e suas implicações no ensino de ciência, In: MOREIRA, M. A; AXT, R. **Tópicos em ensino de Ciências**. Porto Alegre: Sagra, p. 62-78, 1991.

ZAGURY, T. **O professor refém**. 5ª ed. Rio de Janeiro: Record, 2006.

ZYLBERSZTAJN, A. Revoluções científicas e a ciência normal na sala de aula. In: MOREIRA, M. A; AXT, R. **Tópicos em ensino de Ciências**. Porto Alegre: Sagra, p. 47-61, 1991.

## BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ACEVEDO, J. A.; VÁZQUEZ, A.; PAIXÃO, M. F.; ACEVEDO, P.; OLIVA, L.M.; MANASSERO, M. A. Mitos da didática das ciências acerca dos motivos para incluir a natureza da ciência no ensino das ciências. In: **Ciência & Educação**. Bauru, v. 11, n. 1, p. 1-15, 2005. Disponível em <[www2.fc.unesp.br/cienciaeducacao/vewarticle.php?id=18](http://www2.fc.unesp.br/cienciaeducacao/vewarticle.php?id=18)>. Acesso em 20 de maio de 2008.

ALVES, R. **Conversas sobre educação**. 8ª ed. Campinas: Versus, 2003.

BAIRD, C. **Química ambiental**. 2ª ed. São Paulo: Bookman, 2002.

BITTENCOURT, C. M. F. **Ensino de História: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2004. (Coleção Docência em Formação. Série ensino fundamental/coordenação Antônio Joaquim Severino, Selma Garrido Pimenta)

CHASSOT, A. RAIOS X. In: **Química Nova na Escola**. São Paulo, n. 2, nov. 1995. CD-ROM.

COTTON, F. A., LYNCH, L. D., MACEDO, H. **Curso de Química**, Rio de Janeiro: Fórum Editora, 1968.

CRUZ, M. N.; MARTINS, I. P. **Química hoje!** Porto: Porto, 1995.

DESCARTES, R. **Discurso do método**. 2ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 1996.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2002. (Coleção Docência em Formação/coordenação Antônio Joaquim Severino, Selma Garrido Pimenta)

DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACH, J.; MORTIMER, E.; SCOTT, P. Construindo conhecimento científico na sala de aula. In: **Química Nova na Escola**. São Paulo, n. 9, p. 31-40, mai. 1999.

ECO, U. **Como se faz uma tese**. 14ª ed. São Paulo: Perspectiva, 1996.

FARIAS, R. F. dos. A química do tempo: Carbono-14. In: **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 16, nov. 2002. CD-ROM.

\_\_\_\_\_. As mulheres e o prêmio Nobel de Química. In: **Química Nova na Escola** São Paulo, n. 14, nov. 2001. CD-ROM.

FRANCO, M. A. S.. Em foco: pesquisa-ação sobre a prática docente - pedagogia da pesquisa-ação. In: **Educação e Pesquisa**. São Paulo, v. 31, n. 3, set/dez. 2005. Disponível em <[www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1517-97022005000300011&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-97022005000300011&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em 26 de março de 2008.

HODSON, D. Hacia um enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. In: **Enseñanza de las ciencias**. Barcelona, v. 12, n. 3, p. 299-313, 1994.

LAKATOS, I. O falseamento e a metodologia dos programas de pesquisa científica. In: LAKATOS, I.; MUSGRAVE, A. **A crítica e o desenvolvimento do conhecimento**. São Paulo: Cultrix, 1979.

LAVILLE, C.; DIONE, J. **A construção do saber manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas**. Belo Horizonte: UFMG, 1999.

LOPES, A. R. C. Livros didáticos: obstáculos ao aprendizado da ciência química. In: **Química Nova**. São Paulo, v. 15, n. 3, p. 254-261, 1992.

LUDKE, M.; ANDRÉ, M. **A pesquisa na educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

LUTFI, M. A Abordagem Sociológica do Ensino de Química. In: **Ciência & Ensino**. Campinas, n.3, p. 7-9, dez. 1997.

MARTINS, L. A. P. A história da ciência e o ensino da Biologia. In: **Ciência & Educação**. Bauru, v. 11, n. 2, p. 305-317, 2005.

MARTINS, J. E. **Ambientes de aprendizagem e liberdade em construção**. Ijuí: UNIJUÍ, 1997.

MELLO, L. C. Alimentos irradiados. **Revista NutriWeb**. Disponível em <nutriweb.org.br/n0202/irradiados.htm>. Acesso em 7 de junho de 2007.

MERÇON, F.; QUADRAT, S. A radioatividade e a história do tempo presente. In: **Química Nova na Escola**. São Paulo, n. 19, mai. 2004. CD-ROM.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. In: **Investigação em ensino de ciências**. Porto Alegre, v. 7, n. 3, p. 1-32, dez. 2002.

NETO, J. M.; FRACALANZA, H. O livro didático de ciências: problemas e soluções. In: **Ciência & Educação**. Bauru, v. 9, n. 2, p. 147-157, 2003. Disponível em <www2.fc.unesp.br/cienciaeducacao/viewarticle.php?id=478>. Acesso em 19 de abril de 2008.

OKI, M. da C. M.; MORADILLO, E. F. de. O ensino de história da química: contribuindo para a compreensão da natureza da ciência. In: **Ciência & Educação**. Bauru, v 14, n. 1, p. 67-88, 2008.

PINTO, A. A.; FURIANI, J. M. S.; QUADROS, A. L. de. Os professores do ensino médio e o dilema da interdisciplinaridade. In: **XIII ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA**. UNICAMP: Campinas, 2006. Anais, p. 1-8, 2006.

POPPER, K. R. **A lógica da pesquisa científica**. 9ª ed. São Paulo: Cultrix, 2001.

PRAIA, J.; GIL-PÉREZ, D.; VILCHES, A. O papel da natureza da ciência na educação para a cidadania. In: **Ciência & Educação**. Bauru, v. 13, n. 2, p. 141-156, 2007.

RAMOS, M. G.. Epistemologia e ensino de ciências: compreensões e perspectivas. In: MORAES, R. **Construtivismo e ensino de ciências: reflexões epistemológicas e metodológicas**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2000.

SBPC/LABJOR-BRASIL. **A confusa política nuclear brasileira.** 2000. Disponível em <[www.comciencia.br/reportagens/nuclear/nuclear05.htm](http://www.comciencia.br/reportagens/nuclear/nuclear05.htm)>. Acesso em 29 de junho de 2007.

\_\_\_\_\_. **Angra 2 - reascendendo o debate sobre a energia nuclear.** 2000. Disponível em <[www.comciencia.br/reportagens/nuclear/nuclear01.htm](http://www.comciencia.br/reportagens/nuclear/nuclear01.htm)>. Acesso em 29 de junho de 2007.

\_\_\_\_\_. **Angra 2 começa a produzir em caráter experimental.** 2000. Disponível em <[www.comciencia.br/reportagens/nuclear/nuclea04.htm](http://www.comciencia.br/reportagens/nuclear/nuclea04.htm)>. Acesso em 29 de junho de 2007.

\_\_\_\_\_. **Domínio da energia nuclear vem de teorias do século XIX.** 2000. Disponível em <[www.comciencia.br/reportagens/nuclear/nuclear12.htm](http://www.comciencia.br/reportagens/nuclear/nuclear12.htm)>. Acesso em 29 de junho de 2007.

\_\_\_\_\_. **Eficiência com custo elevado.** 2000. Disponível em <[www.comciencia.br/reportagens/nuclear/nuclear03.htm](http://www.comciencia.br/reportagens/nuclear/nuclear03.htm)>. Acesso em 29 de junho de 2007.

\_\_\_\_\_. **Funcionamento das usinas nucleares.** 2000. Disponível em <[www.comciencia.br/reportagens/nuclear/nuclear13.htm](http://www.comciencia.br/reportagens/nuclear/nuclear13.htm)>. Acesso em 29 de junho de 2007.

\_\_\_\_\_. **Ipen desenvolve aplicações médicas da energia nuclear.** 2000. Disponível em <[www.comciencia.br/reportagens/nuclear/nuclear14.htm](http://www.comciencia.br/reportagens/nuclear/nuclear14.htm)>. Acesso em 29 de junho de 2007.

\_\_\_\_\_. **O tratamento dado aos rejeitos radioativos.** 2000. Disponível em <[www.comciencia.br/reportagens/nuclear/nuclear10.htm](http://www.comciencia.br/reportagens/nuclear/nuclear10.htm)>. Acesso em 29 de junho de 2007.

\_\_\_\_\_. **Países europeus são os que mais utilizam energia nuclear.** 2000. Disponível em <[www.comciencia.br/reportagens/nuclear/nuclear02.htm](http://www.comciencia.br/reportagens/nuclear/nuclear02.htm)>. Acesso em 29 de junho de 2007.

\_\_\_\_\_. **Plano de emergência preocupa prefeitura de Angra dos Reis.** 2000. Disponível <[www.comciencia.br/reportagens/nuclear/nuclear08.htm](http://www.comciencia.br/reportagens/nuclear/nuclear08.htm)>. Acesso em 29 de junho de 2007.

\_\_\_\_\_. **Transformações da energia remetem à origem do Universo.** 2000. Disponível em <[www.comciencia.br/reportagens/nuclear/nuclear15.htm](http://www.comciencia.br/reportagens/nuclear/nuclear15.htm)>. Acesso em 29 de junho de 2007.

\_\_\_\_\_. **Usina mistura simplicidade e alta tecnologia.** 2000. Disponível em <[www.comciencia.br/reportagens/nuclear/nuclear05.htm](http://www.comciencia.br/reportagens/nuclear/nuclear05.htm)>. Acesso em 29 de junho de 2007.

SCHNETZLER, R. P. A pesquisa em ensino de química no Brasil: conquistas e perspectivas. In: **Química Nova**. São Paulo, v. 25, supl. 1, p. 14-24, 2002.

XAVIER, A. M.; LIMA, A. G. de; VIGNA, C. R. M.; VERBI, G. G. B.; GORAIEB, K.; COLLINS, C. H.; BUENO, M. I. M. S. Marcos da história da radioatividade e tendências atuais. In: **Química Nova na Escola**. São Paulo, v. 30, n. 1, p.83-9, 2007.

## **APÊNDICE A**

## Questionário: Conhecendo o aluno da escola

### Questionário Sócio-econômico

Idade \_\_\_\_\_ Sexo: F ( ) M ( ) Série \_\_\_\_\_ Turno \_\_\_\_\_

Trabalha: ( ) sim ( ) não Atividade de trabalho exercida \_\_\_\_\_

Quantidade de horas de trabalho diário: ( ) 4 h ( ) 6 h ( ) 8h ( ) mais de 8h

Quantidade de horas de estudo regular fora da escola: 1h ( ) 2h ( ) 3 ( ) mais de 3h ( ) não estuda ( )

Atividade(s) de lazer preferida(s):

( ) TV ( ) games ( ) Internet ( ) leitura ( ) esporte ( ) música ( ) outros

Por que razão escolheu estudar nessa escola? \_\_\_\_\_

Cursou o ensino fundamental em escola: ( ) pública ( ) particular

Tempo que levou para cursar o ensino fundamental: ( ) 8 anos ( ) mais de 8 anos ( ) outro

Ano que ingressou no nível médio: \_\_\_\_\_

O que pretende fazer quando terminar o ensino médio: \_\_\_\_\_

Faz algum curso além do ensino médio: ( ) língua estrangeira ( ) informática ( ) outro(s) \_\_\_\_\_

### Situação familiar:

Nível de instrução	pai	mãe
Sem escolaridade		
1ª a 4ª série		
5ª a 8ª série		
Médio incompleto		
Médio completo		
Superior incompleto		
Superior completo		
Pós-graduação		

Ocupação	pai	mãe
Funcionário público		
Indústria		
Comércio		
Profissional liberal		
Setor informal		
Aposentado		
Desempregado		
Tarefas do lar		

Possui computador em casa? ( ) sim ( ) não. Tem acesso a Internet? ( ) sim ( ) não.

### Lê regularmente:

( ) jornal ( ) revista de informação (IstoÉ, Veja, Época...) ( ) livros de literatura

( ) revista de informação científica (Superinteressante, Galileu) ( ) outros. Especifique \_\_\_\_\_

( ) não leio

### Frequência com que vai à biblioteca:

( ) semanalmente ( ) quinzenalmente ( ) mensalmente ( ) semestralmente ( ) não vou à biblioteca

### Livro didático para estudar Química:

( ) tenho em casa ( ) utilizo o da biblioteca ( ) não tenho acesso a livro ( ) meu professor elabora uma apostila

### Apoio para estudar Química:

- ( ) pessoas da família que já estudaram me ajudam      ( ) tenho amigos que me ajudam  
( ) tem professor na escola para aula de apoio      ( ) não tenho nenhuma ajuda

Que atividade da disciplina Química você vivenciou que mais o agradou?

Que assunto da Química desperta seu interesse?

Na escola eu gosto muito de: \_\_\_\_\_ e

não gosto de \_\_\_\_\_

Se eu pudesse, na escola eu mudaria \_\_\_\_\_

Eu tenho facilidade para aprender quando \_\_\_\_\_

Eu tenho dificuldade para aprender quando \_\_\_\_\_

Eu aprendo melhor se \_\_\_\_\_

Na escola tenho direito de \_\_\_\_\_

e o dever de \_\_\_\_\_

Se eu não estivesse estudando, eu penso que estaria \_\_\_\_\_

Para mim, um bom aluno é aquele que \_\_\_\_\_

Sobre a maneira de avaliar os alunos eu penso que \_\_\_\_\_

Quando tenho tempo livre eu gosto de \_\_\_\_\_

Sobre a violência, eu penso que \_\_\_\_\_

e na minha experiência \_\_\_\_\_

Na minha idade, eu penso muito em \_\_\_\_\_

Quando eu penso no meu futuro \_\_\_\_\_

(Adaptado de PENIN, S. **Cotidiano e escola**: a obra em construção. 2ª ed. São Paulo: Cortez, 1995.)

## **APÊNDICE B**

## Questões sobre o vídeo O Clã Curie

- 1 – Onde nasceu Marie Curie?
- 2 – O que motivou sua saída da terra natal?
- 3 – Que acordo Marie fez com sua irmã Bronia?
- 4 – Para que país ela foi?
- 5 – Quem foi Pierre Curie?
- 6 – Como foi a vida instrucional de Pierre?
- 7 – Por que Marie Curie hesitou em aceitar o pedido de casamento de Pierre?
- 8 – Sobre o que tratou a tese de doutorado de Marie Curie?
- 9 – Em que consistiam os estudos de Becquerel? O que ele descobriu?
- 10 – Onde Marie realizou suas pesquisas? Por quê?
- 11 – Por que o eletrômetro detectou que o ar se tornou condutor na experiência de Marie Curie?
- 12 – Que elementos químicos foram descobertos por Marie Curie?
- 13 – Que nome é dado à emissão de energia estudada por Marie Curie?
- 14 – Por que Marie e Pierre começaram a sentir-se mal de saúde?
- 15 – Qual a contribuição de Rutherford no estudo da radioatividade?
- 16 – Qual a contribuição de Rutherford no estudo do átomo?
- 17 – Quem é mais radioativo? O Rádio ou o Urânio?
- 18 – Por que os Curie não quiseram patentear sua descoberta?
- 19 – Como foi descoberta e como era chamada a radioterapia?
- 20 – O que significou o Doutorado de Marie Curie para as mulheres em geral?
- 21 – Que doença afetou os colaboradores dos Curie? Por quê?
- 22 – Quem assumiu as aulas de Física de Pierre após sua morte?
- 23 – Qual a contribuição de Marie Curie na I Guerra Mundial, no campo da medicina?
- 24 – Qual o perfil da personalidade dos Curie quanto às questões políticas e sociais?
- 25 – O que é o Instituto do Rádio?
- 26 – Quem foi Irène Curie?
- 27 – Em que se formou Irène Curie?
- 28 – Qual a principal contribuição de Irène e Frédéric Joliot quanto à estrutura da matéria?
- 29 – Qual a principal contribuição de Irène e Frédéric Joliot quanto à radioatividade?
- 30 – O que é e como foi descoberta a fissão nuclear?
- 31 – Por que Frédéric Joliot parou de publicar os resultados de suas pesquisas a partir de 1939?
- 32 – O que é deutério?
- 33 – O que é reação em cadeia?
- 34 – O que é água pesada?
- 35 – Por que a água pesada e os princípios da reação em cadeia foram escondidos?
- 36 – Com que finalidade foi utilizada, a pilha nuclear?
- 37 – Como a radioatividade permitiu definir a idade da Terra?
- 38 – O que é o prêmio Nobel?
- 39 – O que há de marcante nas relações entre os Curie e o prêmio Nobel?

## **APÊNDICE C**

# RADIOATIVIDADE

## INTRODUÇÃO



- O que significa este símbolo?
- Qual é a fonte primária de energia para a vida na Terra?
- Do que são constituídas as estrelas?
- Como se formaram os átomos dos elementos químicos que conhecemos?
- Como os arqueólogos conseguem determinar a idade dos fósseis?
- Em que consiste a radioterapia contra o câncer?
- O que faz com que a batata não se estrague rapidamente mesmo fora da geladeira?

A resposta a estas e a tantas outras perguntas passa pelo tema Radioatividade e esperamos que após o estudo deste módulo você esteja apto a respondê-las.

## A RADIOATIVIDADE

Como tratado no vídeo “O Clã Curie” e no livro “Marie Curie e a Radioatividade”, a radioatividade é um fenômeno que ocorre em núcleos atômicos energeticamente instáveis. Estes núcleos, se comparados com os isótopos estáveis, geralmente possuem elevado número de nêutrons em proporção ao número de prótons. Também se observa que núcleos com elevado número de massa, como no caso dos elementos transurânicos, também tendem a serem instáveis. Em todos os casos, o núcleo possui grande quantidade de energia.

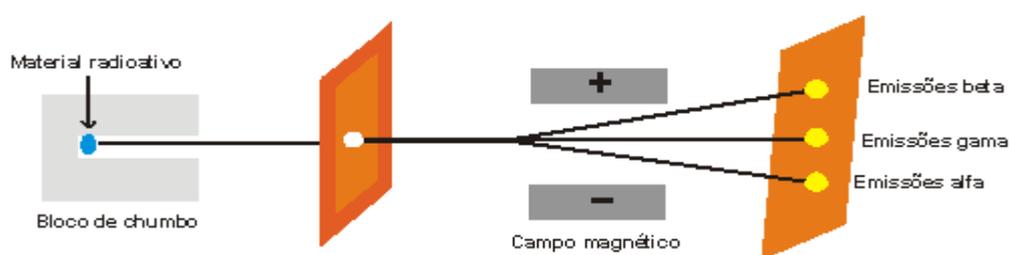
A radioatividade é um fenômeno natural, ao qual estamos expostos, mesmo que em pequenos níveis; porém ela não era conhecida pelo homem até o século XIX. Vimos no vídeo que o conhecimento sobre o assunto foi construído através dos trabalhos de vários pesquisadores como Röntgen, Becquerel, o casal Curie, Rutherford, entre outros em uma época em que pouco se sabia sobre a estrutura atômica da matéria. Hoje sabemos que, apesar de ser um fenômeno natural, a radioatividade também pode ser induzida artificialmente.

### **Para Lembrar:**

**A radioatividade é um fenômeno natural**

## A NATUREZA DAS EMISSÕES RADIOATIVAS

Na desintegração dos átomos radioativos ocorre a emissão de partículas juntamente com uma grande quantidade de energia vindos do núcleo atômico. Ernest Rutherford, antigo aluno de J.J. Thomson, ambos estudiosos da estrutura atômica, foi um dos cientistas que estudou a natureza das emissões radioativas. Sabendo que as emissões radioativas possuíam trajetória retilínea (viajavam em linha reta), Rutherford as fez passar através de um campo elétrico, obtendo os seguintes resultados:



Esquema representativo da experiência de Rutherford. Fonte: [www.profcupido.hpg.ig.com.br/radioatividade](http://www.profcupido.hpg.ig.com.br/radioatividade). Acesso em 20 de dezembro de 2008.

Rutherford, conforme ilustra a figura, percebeu que haviam três tipos de emissões provenientes do isótopo radioativo, uma que era atraída pelo pólo positivo do campo elétrico, outra que era atraída pelo pólo negativo e ainda havia uma que não sofria desvio em sua trajetória, pois não era atraída para nenhum dos dois pólos.

Assim, de acordo com os resultados obtidos por Rutherford e com os trabalhos de outros pesquisadores, como Paul Villard e Becquerel, pôde-se constatar a existência de 3 tipos de emissões, chamadas de  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$ . As partículas  $\alpha$  por serem positivas foram atraídas pela placa negativamente carregada e por possuírem maior massa, sofreram desvio menor em sua trajetória. As partículas  $\beta$ , por serem negativas, foram atraídas pela placa carregada positivamente e, por possuírem menor massa, tiveram maior desvio. Quanto às radiações  $\gamma$ , por não terem a trajetória desviada, foram consideradas sem carga elétrica.

Assim, as partículas  $\alpha$ , por possuírem maior massa, apesar de alta energia cinética, possuem um baixo poder de penetração nos materiais de um modo geral. As emissões  $\beta$  já são menores e com alta energia cinética, possuem um maior poder de penetração que as  $\alpha$ , e a radiação  $\gamma$ , por ser energia de alta frequência, possui um alto poder de penetração na maioria dos materiais, inclusive nos tecidos vivos, sendo, neste caso, bastante prejudicial à saúde, dependendo da intensidade e do tempo de exposição.

É importante saber que os materiais radioativos podem ser  $\alpha$  ou  $\beta$  emissores, contudo a radiação  $\gamma$  (que não é partícula e sim energia) está presente acompanhando ambos os tipos de emissão.

A tabela a seguir mostra as conclusões a que os cientistas chegaram a respeito da natureza das emissões radioativas:

<b>Emissões</b>	<b>Alfa</b>	<b>Beta</b>	<b>Gama</b>
<b>Representação</b>	${}_2\alpha^4$	${}_{-1}\beta^0$	${}_0\gamma^0$
<b>Características</b>	Formadas por 2 prótons e 2 nêutrons (como um núcleo do átomo de hélio) Possui carga positiva (2+)	Semelhantes a um elétron. Possuem carga elétrica negativa e massa desprezível	São radiações eletromagnéticas semelhantes aos raios X. Não possuem carga elétrica nem massa.
<b>Velocidade</b>	Inicial: variando de 3.000 km/s até 30.000 km/s. Média: aproximadamente 20.000 km/s ou 5% da velocidade da luz.	Inicial: variando de 100.000 km/s a 290.000 km/s. Chegam a atingir 95% da velocidade da luz.	Possuem velocidade igual a da luz, ou seja, aproximadamente 300.000 km/s
<b>Poder de penetração</b>	Pequeno. Podem ser detidas por uma camada de 7 cm de ar, por uma folha de papel ou por uma chapa (lâmina, filme) de alumínio de 0,06 mm.	Médio. São entre 50 e 100 vezes mais penetrantes que as partículas alfa. Podem ser detidas por uma chapa de chumbo de 2 mm ou de alumínio de 1 cm.	Alto. São mais penetrantes que os raios X, pois possuem comprimentos de onda bem menores (maior frequência). Atravessam milhares de metros de ar, até 25 cm de madeira ou 15 cm de aço. São detidas por placas de chumbo com mais de 5 cm de espessura ou por grossas paredes de concreto.
<b>Danos ao ser humano</b>	Pequeno. Quando incidem sobre o corpo humano são detidas pela camada de células mortas da pele, podendo no máximo causar queimaduras.	Médio. Quando incidem sobre o corpo humano, podem penetrar até 2 cm e causar danos sérios, dependendo de alguns fatores, como tempo de exposição.	Alto. Podem atravessar plenamente o corpo humano, causando danos irreparáveis, dependendo de alguns fatores, como tempo de exposição.

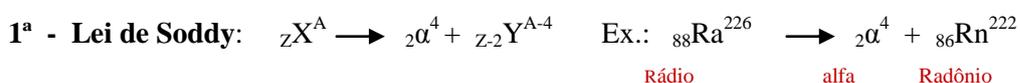
## LEIS DAS DESINTEGRAÇÕES RADIOATIVAS

Conforme já vimos, um núcleo atômico instável emite partículas e energia na busca por estabilidade. Esse processo é chamado transmutação radioativa e ocorre com formação de outro átomo no lugar do átomo inicial, em reações nucleares.

### Para Lembrar:

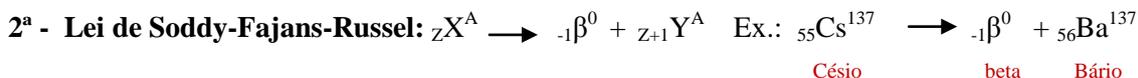
**Transmutação radioativa é o nome dado ao processo em que um átomo se transforma em outro pela emissão de partículas de seu núcleo.**

A emissão de partículas  $\alpha$  geralmente ocorre em átomos com elevado número de massa. Assim, a saída da partícula alfa ( $2p + 2n$ ) favorece uma maior estabilidade ao núcleo que a emitiu, pois diminui o número de massa ( $A$ ).



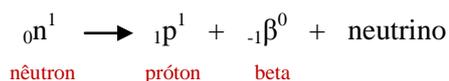
Esta é a primeira lei da radioatividade, enunciada em 1911 por Soddy e diz que quando um átomo radioativo emite uma partícula alfa, seu número atômico diminui em duas unidades (saída de 2 prótons) e seu número de massa diminui em 4 unidades (saída de 2 prótons e 2 nêutrons). Por alterar o número atômico, o átomo é transmutado em outro. No exemplo, Ra forma Rn.

Por outro lado, quando a instabilidade de um núcleo atômico está mais relacionada à proporção entre os números de nêutrons e de prótons, onde o número de neutros é acentuadamente maior, ocorre a saída de uma partícula  $\beta$ .



Esta é a segunda lei da radioatividade, enunciada por Soddy, Fajans e Russel, em 1913. Com a saída da partícula  $\beta$ , um nêutron se converte em um próton fazendo aumentar o número atômico ( $Z$ ) e mantendo constante o número de massa ( $A$ ).

Novamente houve transmutação. O átomo pai, Cs deu origem ao átomo filho Ba. Quando um núcleo radioativo emite uma partícula beta, seu número atômico aumenta uma unidade e seu número de massa permanece constante. Isto ocorre porque a partícula beta é resultante da decomposição de um nêutron, conforme a equação:



Sendo o número atômico o número de prótons, este aumenta 1 (1 próton foi formado) e sendo o número de massa a soma de prótons e nêutrons, este permanece constante (1 próton formado compensa um nêutron decomposto). Para entendermos melhor, precisamos lembrar que prótons, nêutrons e elétrons, não são as únicas partículas subatômicas existentes. Assim, os próprios nêutrons são formados por outras partículas e, por isso, pode sofrer decomposição.

**Para Lembrar:**

**Tanto na saída de uma partícula alfa como na de uma partícula beta, há alteração no Z (número atômico), o que configura a transmutação da matéria, pois se o Z é diferente após a emissão, então não temos mais o mesmo átomo de antes.**

Esses processos de emissões podem ocorrer sucessivamente até que se forme um núcleo estável. Ao processo dá-se o nome de decaimento radioativo.

Em uma amostra de material radioativo, o número de átomos radioativos vai diminuindo com o tempo, ao longo do processo de decaimento ou desintegração radioativa. Os átomos formados durante o processo de decaimento radioativo constituem uma família ou série radioativa.

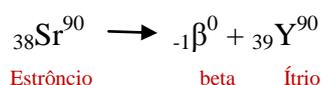
Mas, e quanto à radiação gama? Essa, por não ser uma partícula, mas apenas energia eletromagnética, ao ser emitida pelo núcleo radioativo, não altera nem seu número atômico e nem seu número de massa.

## CINÉTICA DAS DESINTEGRAÇÕES RADIOATIVAS

Compreendido que os átomos com núcleos instáveis atingem a estabilidade através da emissão de partículas e de energia, cabe destacar que cada radioisótopo, ao desintegrar-se, o faz em uma velocidade diferente e isso é uma característica própria de cada isótopo radioativo.

Essa velocidade de desintegração diminui à medida que o número de átomos radioativos de uma amostra diminui, ou seja, as emissões não ocorrem sincronizadas, ao mesmo tempo, para todos os átomos de uma amostra. Por isso é muito difícil calcular quando uma amostra de material radioativo deixa completamente de ser radioativa.

Observe o gráfico abaixo, que representa o decaimento do estrôncio pela emissão de partículas beta, processo que pode ser descrito através da seguinte equação nuclear:



Inicialmente temos uma massa de 10g do isótopo de Sr-90 radioativo. Na medida em que o tempo passa, essa massa vai caindo. Contudo, essa queda não é linear, pois, na medida em que a massa de material radioativo diminui, diminui também a velocidade do decaimento.

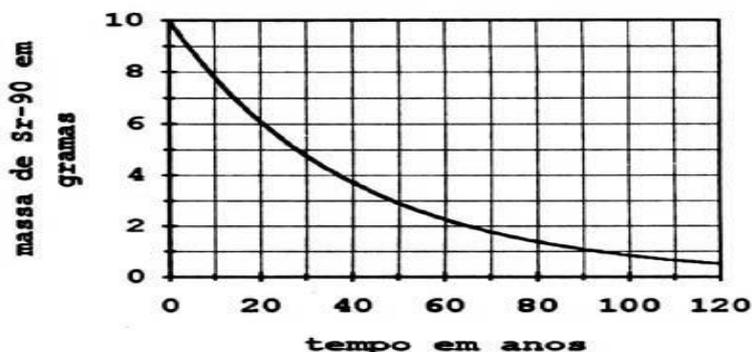


Gráfico do decaimento do Sr – 90. Fonte: [www.vestibular.uol.com.br](http://www.vestibular.uol.com.br). Acesso em 20 de dezembro de 2008

Partindo de uma massa inicial de 10g, notamos pelo gráfico que, após 30 anos, esta massa terá reduzido a 5g – metade do valor inicial. Da mesma forma, passados mais 30 anos, ao todo 60, esta massa terá reduzido a 2,5g – metade dos 5g anteriores e, assim, sucessivamente.

Finalmente, analisando o gráfico e a equação, observa-se que o estrôncio produz Ítrio ao emitir uma partícula beta e que, quanto menor a quantidade de estrôncio radioativo, mais tempo leva para que o restante da amostra deixe de existir.

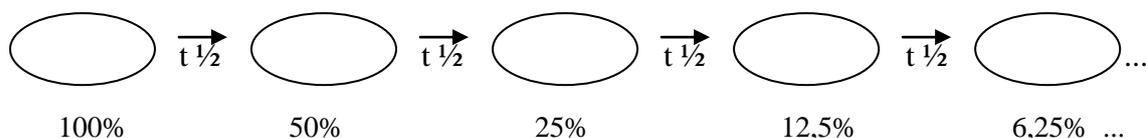
Por isso, calculamos apenas o tempo necessário para que metade da amostra deixe de ser radioativa, este período é chamado de período de meia-vida, período de semi-desintegração ou tempo de meia vida ( $t_{1/2}$ ) e também é diferente para cada radioisótopo podendo variar de fração de segundos a milhares de anos.

Então, a cada período de meia vida, o material radiativo reduz-se à metade (50%) do que havia anteriormente e, assim, sucessivamente.

### **Para Lembrar:**

**Tempo de meia-vida ( $t_{1/2}$ ) de um isótopo radioativo é o tempo necessário para que se reduza à metade o número de átomos desse isótopo em uma amostra, por meio de decaimento.**

Ex.: Considere uma amostra de um isótopo radioativo qualquer, representada abaixo:



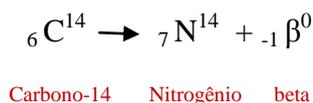
Inicialmente, temos 100% de átomos radioativos. Passado um período de meia-vida, apenas 50% da amostra permanece radioativa e os outros 50% decaíram alcançando a estabilidade. Ao passar mais um período de meia-vida teremos a metade dos 50% que restaram, ou seja, 25% e, assim, sucessivamente. Observe que, se prosseguirmos nesses cálculos, não chegaremos ao zero, mas estaremos cada vez mais próximos dele.

O carbono, por exemplo, tem um isótopo de número de massa 14, que é radioativo e apresenta meia-vida de 5.730 anos. O C-14 se forma em pequenas proporções, a partir do N-14 presente na atmosfera conforme a equação:



A partir daí o carbono-14 radioativo, que na atmosfera tem quantidade praticamente constante, reage com o oxigênio do ar e através de ligações covalentes forma o dióxido de carbono que as plantas absorvem na fotossíntese e, então, entra na cadeia alimentar. Como resultado, todos os seres vivos possuem uma proporção fixa de C-14 (~1 para  $10^{12}$  átomo de carbono-12).

Quando um organismo morre e se fossiliza isto é, não troca o carbono com suas vizinhanças, não ingere e não elimina, cessa o ciclo de renovação deste isótopo no organismo. Nesse caso, a proporção de C-14 vai diminuir, por decaimento radioativo, segundo a equação:



Por comparação entre os níveis de emissão radioativa entre um ser vivo e um fóssil, é possível estimar a idade do fóssil tendo como referência que a cada 5.730 anos sua intensidade de emissões reduz-se à metade (meia-vida). Assim, isótopos radioativos são

usados para determinar a idade de objetos que contenham vestígios de seres vivos conservados.

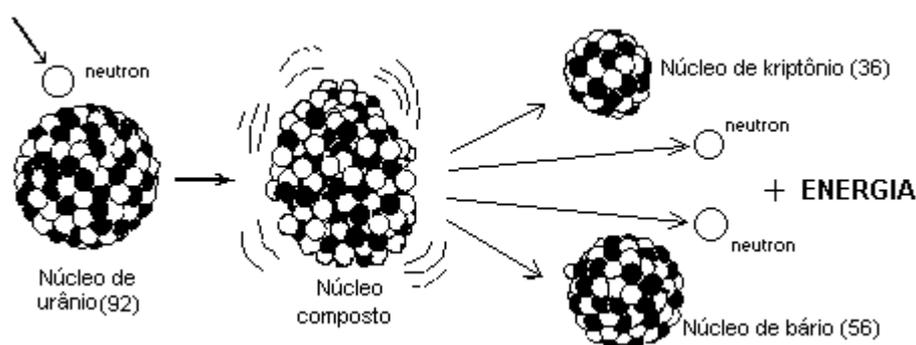
## FISSÃO E FUSÃO NUCLEARES

Outros tipos de reações nucleares ocorrem nos processos denominados de fissão nuclear e fusão nuclear.

### FISSÃO NUCLEAR

No processo de fissão, um núcleo é quebrado em núcleos menores. Este processo tende a ocorrer com núcleos radioativos de números de massa elevados com desprendimento de grande quantidade de energia. Essa energia pode ser utilizada para diversos fins pacíficos, como a produção de energia elétrica, ou destrutivos, como no caso das bombas lançadas sobre Hiroshima e Nagasaki. Como se pode perceber, cabe ao homem a escolha de uso dessa energia.

A reação ocorre em cadeia e, para que o processo de fissão produza quantidades aproveitáveis de energia, esta reação deve ser controlada. O esquema ilustra a reação em cadeia:



Esquema representativo da fissão do Urânio-235. Fonte: [www.seara.ufc.br/donafifi/curiemeitner/fissaotipica.gif](http://www.seara.ufc.br/donafifi/curiemeitner/fissaotipica.gif). Acesso em 20 de dezembro de 2008.

Para manter a reação em cadeia de forma auto-sustentada na produção de energia, é necessário ter uma massa específica de material radioativo fissionável. Essa massa é chamada de *massa crítica* e pode variar de acordo com o material.

**Para Lembrar:**

**Fissão nuclear é o processo no qual um núcleo se fragmenta formando núcleos menores e liberando grande quantidade de energia.**

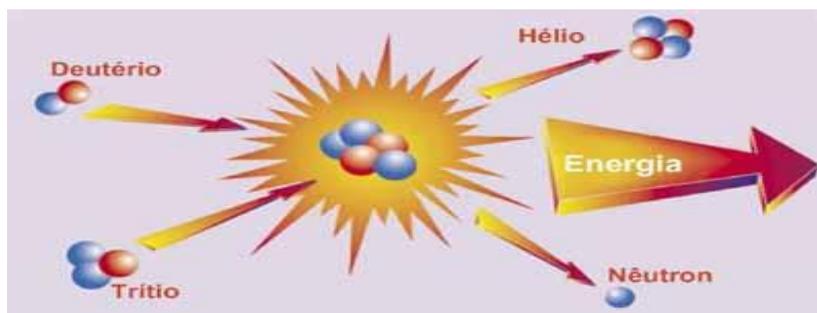
**FUSÃO NUCLEAR**

O Sol é uma estrela. A análise espectroscópica da luz solar revelou a presença de 67 dos elementos químicos conhecidos no Sol. Destes, o H e o He são os mais abundantes. A energia solar, como a de qualquer estrela, é gerada no seu núcleo, onde existem as condições necessárias para que o hidrogênio em fusão nuclear forme hélio.

O hidrogênio é o elemento químico que apresenta o átomo mais simples. Em seu núcleo pode haver apenas um próton, um próton e um nêutron ou um próton e dois nêutrons, dependendo do isótopo. O isótopo mais comum do átomo de Hélio é o segundo mais simples, com dois prótons e dois nêutrons. Sendo assim, no Sol, como na maioria das estrelas, núcleos de hidrogênio se unem e formam núcleos de Hélio num processo denominado fusão nuclear que, uma vez iniciado (mediante energia suficiente para compensar a repulsão natural entre os núcleos), libera grande quantidade de energia seguindo em cadeia.

A energia solar é responsável por toda a vida na Terra. A ciência propõe que os elementos químicos naturais tenham se formado nas estrelas através deste processo de fusão nuclear, após o Big-Bang.

Acredita-se que, após o Big-Bang – uma grande explosão que teria dado origem à matéria como a conhecemos – teria ocorrido a formação de partículas subatômicas que, por sua vez, teriam se organizado formando os átomos mais simples. A partir daí, em condições específicas como as encontradas em certas estrelas, tais átomos, através do processo de fusão de seus núcleos, formaram átomos maiores criando a diversidade atômica que existe hoje.



Esquema de reação de fusão nuclear. Fonte: [www.usinfo.state.gov](http://www.usinfo.state.gov). Acesso em 20 de dezembro de 2008

A fusão nuclear ocorre com liberação de energia muito maior do que a liberada na fissão, sendo investigada como uma possível forma de produção de energia controlada. Contudo, o homem ainda não domina uma tecnologia que permita tal feito.

### **Para Lembrar:**

**Fusão nuclear é o processo no qual núcleos menores se fundem formando núcleos maiores e liberando grande quantidade de energia.**

## **ALGUMAS APLICAÇÕES DA ENERGIA NUCLEAR**

Várias podem ser as aplicações da energia nuclear. Quando Marie Curie descobriu o Rádio, recebeu cartas de artistas de teatro que queriam utilizá-lo para iluminar as roupas nos espetáculos. Isso porque os materiais radioativos podem ionizar o ar. No caso do rádio, essa ionização produz um brilho azulado no ar ao seu redor. Embora ainda não se conhecesse os efeitos da radiação sobre o ser humano, Marie não concordou. Veremos resumidamente algumas aplicações da radioatividade na atualidade.

1 – Pode ser utilizada para diagnosticar doenças, como certos tipos de tumores. Isso pode ser feito utilizando um isótopo radioativo de um material que interaja naturalmente com o órgão a ser investigado. Nesse caso, por ser utilizada uma substância contendo um isótopo radioativo; esse, ao participar do metabolismo, pode ser monitorado através da energia que emite, permitindo o mapeamento do funcionamento do órgão e a detecção de possíveis problemas. Um exemplo é a cintilografia, na qual radioisótopos são introduzidos no corpo do

paciente para mapear o funcionamento de certas vias metabólicas indicando possíveis distúrbios através do monitoramento de suas emissões.

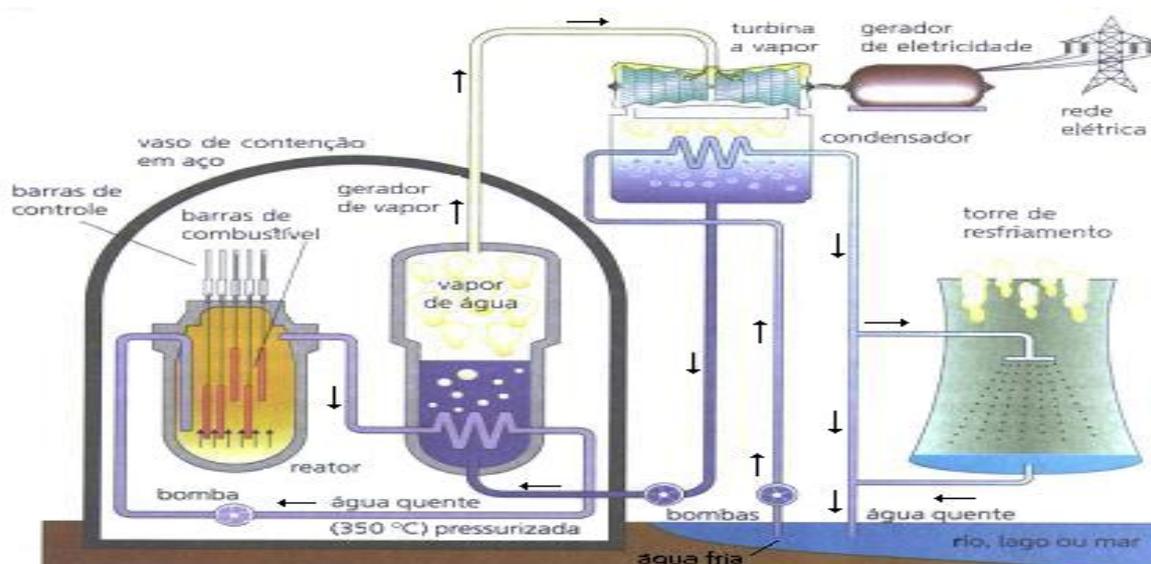
2 – Para combater certos tipos de câncer, se aplicada sobre o tumor. Isso ocorre porque as células são destruídas pela radiação. Uma vez destruídas, as células doentes não podem se multiplicar por divisão celular. Esse tratamento é chamado de radioterapia.

3 – Para irradiar alimentos. Nesse caso, esteriliza o alimento matando microorganismos, evitando sua proliferação, que poderia contribuir para o processo de deterioração do alimento. Sendo feito corretamente, não altera as propriedades organolépticas dos alimentos e não causa danos à saúde, permitindo que o alimento se conserve por mais tempo mesmo sem refrigeração.

4 – Na indústria para esterilização de materiais de laboratório, além de fraldas descartáveis e material hospitalar. Pode ser utilizada para tratar lixo hospitalar e efluentes industriais esterilizando os mesmos para que fiquem livres de agentes causadores de doenças ao serem tratados para que possam ser devolvidos à natureza. Como traçadores, sendo introduzidos em tubulações e maquinário industrial para apontar possíveis rachaduras ou obstruções. Pode também ser usada na produção de novos materiais polímeros, pois altera a estrutura das moléculas formando novos materiais.

5 – Na datação de fósseis ou de derivados vegetais como, por exemplo, tecidos, com Carbono-14, conforme mencionado anteriormente. Para que seja possível proceder à datação com C-14, é necessário que o material tenha até cerca de 50.000 anos. Após esse período, os níveis de emissão passam a ser muito pequenos, impossibilitando uma medida precisa.

6 – Na obtenção de energia nuclear utilizada na produção de energia elétrica em usinas. A energia nuclear é utilizada para aquecer a água, que passa para o estado gasoso. Esse vapor aquece um sistema secundário de água, que também passa para o estado gasoso e gira turbinas transformando energia mecânica em elétrica. O vapor da água do sistema secundário é, a seguir, resfriado por um sistema terciário de água fria (proveniente de rios, mares, etc.) e volta ao estado líquido num processo cíclico. Nas usinas nucleares, é utilizada a fissão nuclear. Analise o esquema:



Esquema de uma usina nuclear. Fonte: [www.fisica.edcc.sc.usp.br](http://www.fisica.edcc.sc.usp.br). Acesso em 20 de dezembro de 2008.

É importante lembrar que a questão energética é de fundamental importância para o desenvolvimento de qualquer nação.

Hoje, uma das principais matrizes energéticas mundiais são os combustíveis fósseis, como petróleo e carvão. Contudo, com a expectativa do fim das reservas desses combustíveis e a ameaça do aquecimento global, a energia nuclear volta a figurar como alternativa na produção de energia. O Brasil conta hoje com duas usinas nucleares (Angra 1 e Angra 2) e o governo aguarda autorização do IBAMA para a construção de Angra 3. O Brasil é rico em reservas de Urânio (combustível para fissão nas usinas nucleares). Os isótopos 235 e 238 do Urânio são radioativos. No entanto, apenas o isótopo 235 do Urânio pode ser fissionado e esse é muito raro na natureza. É preciso, então, enriquecer o Urânio, o que significa adicionar Urânio-235 ao Urânio-238. Essa tecnologia o Brasil ainda não domina totalmente.

Para as usinas nucleares, apenas 3% de U-235 é suficiente no processo de enriquecimento. Já para a produção de bombas nucleares, a quantidade de Urânio-235 necessária chega a mais de 90%. Essa diferença na porcentagem do isótopo 235 que é usada no processo de enriquecimento do Urânio pode ser um indício para organizações internacionais quando há a necessidade de avaliar se um país que enriquece Urânio faz isso com objetivos pacíficos ou não. Como a diferença é grande, não é difícil perceber através dos processos de produção se o enriquecimento está sendo feito com 3% ou com cerca de 90% do U-235.

A energia nuclear é considerada por alguns cientistas, certos governos e até mesmo alguns organismos de proteção ambiental como ecologicamente limpa, pois não envolve queima de combustíveis fósseis, emissão de gases poluentes ou alagamento de grandes áreas como ocorre em outras formas de produção de energia elétrica. Porém, os materiais produzidos na fissão do Urânio são radioativos e atualmente considerados lixo.

O lixo radioativo ou nuclear precisa ser guardado com segurança por muitos anos. Geralmente os resíduos são enterrados e já foram lançados no fundo dos oceanos, o que oferece riscos. O problema do lixo nuclear é muito sério e envolve questões delicadas, como, por exemplo, a exportação deste lixo de países ricos para países pobres. Por isso, muitos questionam quando uma usina nuclear é considerada ecologicamente limpa.

Há, ainda, o risco de acidentes como o ocorrido em Chernobyl, na antiga União Soviética, onde houve um superaquecimento em um reator que explodiu, espalhando uma grande quantidade de material radioativo por boa parte da Europa e matando centenas de pessoas.

Além dos acidentes em usinas nucleares, outros incidentes já ocorreram envolvendo energia nuclear, como os efeitos das bombas lançadas sobre o Japão, ao final da II Grande Guerra Mundial, e dos testes nucleares. Como consequência, criou-se, ao longo dos tempos, um grande receio coletivo da população mundial com relação à radioatividade. Por isso, é muito importante conhecer o que é radioatividade e como ela influencia nossa sociedade para sermos capazes de fazer opções e assumir posicionamentos quanto às suas diversas formas de aplicação, sobretudo nos dias de hoje, em que ela volta a figurar como fonte promissora na produção mundial de energia para um futuro próximo.

## **CONCLUINDO**

Como vimos, a radioatividade é um fenômeno natural em que núcleos atômicos instáveis liberam partículas e energia para que possa vir a alcançar estabilidade. Nesse processo, ocorre transmutação, ou seja, um núcleo transforma-se em outro pela emissão de partículas, pois esse processo envolve mudança no número atômico (A).

Além da energia emitida por materiais radioativos, existem processos em que energia semelhante é liberada, como ocorre com os aparelhos de raios-X, que não utilizam material radioativo, mas que emitem energia semelhante. A radioatividade pressupõe um núcleo atômico instável, de onde é emitida energia, ou seja, a energia é emitida do núcleo do

átomo. Em aparelhos de raios-X, o que ocorre é a incidência de energia elétrica sobre uma superfície metálica que, excitada – em estado mais energético –, emite energia.

Isso significa que não há material radioativo no aparelho de raios-X. Esses, se desligados da tomada ou de qualquer outra fonte de energia, não emitirão radiação, ou, se forem abertos, não oferecerão risco de contaminação radiológica ao ambiente, pois não há material radioativo em seu interior.

Para alertar às pessoas quanto à presença desse tipo de energia no ambiente, tanto proveniente de material radioativo quanto proveniente de raios-X, em quantidades que possam ser prejudiciais à saúde, o pictograma do início do texto é utilizado. Nele, vemos um trifólio preto em fundo amarelo. Contudo, acidentes ocorreram em situações em que pessoas manipularam material radioativo sem conhecer seus riscos, mesmo com a presença do pictograma. Por isso, um novo símbolo foi desenvolvido com o intuito de mostrar mais claramente os riscos. Este novo pictograma é apresentado a seguir:



Pictograma que indica presença de radiações ionizantes. Fonte: [www.cnen.gov.br](http://www.cnen.gov.br). Acesso em 20 de dezembro de 2008.

### **Para Lembrar:**

**Pessoas que manipulam material radioativo ou que trabalham em situações de exposição às radiações precisam se proteger adequadamente e passar por processos periódicos de avaliação de contaminação.**

Agora é a sua vez. Teste seus conhecimentos respondendo às questões iniciais.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

FARIAS, Robson Fernandes. A química do tempo: Carbono-14. In: **Química Nova na Escola**. n. 16, nov. 2002

XAVIER, Allan Moreira et al. Marcos da história da radioatividade e tendências atuais. In: **Química Nova**. São Paulo, v 30, n. 1, jan/fev. 2007.

Sites:

[www.comciencia.br/reportagens/nuclear](http://www.comciencia.br/reportagens/nuclear)

[www.nutriweb.org.br/n0202/irradiados.htm](http://www.nutriweb.org.br/n0202/irradiados.htm).

## **APÊNDICE D**

## Orientações para elaboração dos seminários

### PROJETO: A RADIOATIVIDADE EM UM CONTEXTO CULTURAL

**ALVO:** 2<sup>os</sup> anos (turmas 201 a 207) – matutino

**Disciplinas envolvidas:** Filosofia, História, Sociologia e Química

**1) Justificativa:** O ensino fragmentado da Ciência, da História, da Filosofia e da Sociologia contribuem para que o educando crie uma visão dogmática da ciência. Essa visão desvincula a Ciência dos processos sociais e descaracteriza o processo de construção humana através do qual se dá a produção do conhecimento científico. Porém, tal conhecimento é resultado de um processo de construção humana. Sendo assim, subjacente à produção científica está o contexto sócio-cultural em que esta ocorre. Por isso, não é possível que o ensino de ciências não leve em conta os fatores históricos, culturais, sociais, econômicos, etc, que são inerentes às atividades humanas.

**2) Objetivos educacionais:** O presente projeto tem por objetivo favorecer a aprendizagem do tema Radioatividade de forma integrada aos aspectos culturais inerentes aos processos de construção e aplicação dos conhecimentos científicos, através da valorização e articulação dos aspectos históricos, filosóficos e sociológicos envolvidos em tais processos. Espera-se que, ao final do projeto, os alunos sejam capazes de:

- compreender a atividade científica como atividade humana e coletiva;
- relacionar as descobertas científicas às demandas sociais e ao contexto em que ocorreram;
- compreender a utilização dos produtos do avanço científico como fator de mudança dos hábitos sociais;
- compreender as relações entre conhecimento científico-tecnológico e responsabilidade social;
- entender o processo de inclusão da mulher na comunidade científica;
- reconhecer a presença de processos ligados à radioatividade em seu cotidiano;
- utilizar a simbologia própria da ciência para comunicar e interpretar dados relacionados ao tema;
- interpretar adequadamente textos específicos e informações da mídia em geral referentes ao tema;
- avaliar riscos e benefícios na utilização de processos radioativos em suas diferentes aplicações;
- resolver problemas utilizando os conceitos de decaimento radioativo, meia-vida, fissão e fusão nucleares;
- articular a utilização da energia envolvida nos processos nucleares com os cuidados de sustentabilidade ambiental;
- reconhecer a existência de mercado de trabalho relacionado à utilização da radioatividade em diversas áreas.

### 3) Orientações sobre os seminários:

- Os alunos serão divididos em grupos de cerca de seis alunos e trabalharão na produção e apresentação de seminários com os seguintes temas a serem sorteados entre os grupos:

#### 1 - a influência do contexto histórico, filosófico e social na produção dos conhecimentos acerca da radioatividade

Falar sobre os principais filósofos da ciência destacando suas principais idéias. Abordar o contexto histórico e cultural da época das principais descobertas e mostrar como isso influenciou nos trabalhos científicos produzidos.

Sugestão de fonte de pesquisa:

- *Marcos da história da radioatividade e tendências atuais*, Allan Moreira Xavier et al.; revista Química Nova, v. 30, n. 1, São Paulo, jan/fev. 2007 (disponível em [www.quimicanova.sbq.org.br](http://www.quimicanova.sbq.org.br))
- [www.comciencia.br/reportagens/nuclear](http://www.comciencia.br/reportagens/nuclear)
- *Fundamentos da filosofia, História e grandes temas*, Gilberto Cotrin, Editora Saraiva;
- *Pensar a Ciência*, Eloi Correa dos Santos, disponível em [www.formacaosolidaria.org.br/livros/filosofia\\_livro\\_didatico\\_publico/filosofia\\_da\\_ciencia/pensar\\_a\\_ciencia.pdf](http://www.formacaosolidaria.org.br/livros/filosofia_livro_didatico_publico/filosofia_da_ciencia/pensar_a_ciencia.pdf)

#### 2 - a mulher na comunidade científica (o exemplo Marie Curie)

Como a mulher era vista na sociedade européia? Qual era o seu papel na sociedade? Como Marie Curie influenciou a questão de gênero em sua época? Que outras mulheres, a exemplo de Marie Curie, tiveram papel de destaque no empenho pela igualdade entre gêneros? Qual é a relação atual entre pesquisadores homens e mulheres no campo científico e tecnológico?

Sugestão de fonte de pesquisa:

- *As mulheres e o prêmio Nobel de Química*, Robson Fernandes de Farias, revista Química Nova na Escola, número 14, nov.2001 (disponível em CD-ROM e no site [www.sbq.org.br/portal2/qnec.htm](http://www.sbq.org.br/portal2/qnec.htm))

#### 3 - aplicações da radioatividade na medicina e na produção de energia (história e perspectivas)

Uso da radioatividade na medicina em tratamento e diagnóstico (panorama sócio, cultural e tecnológico). A produção de energia elétrica (funcionamento de uma usina nuclear e o problema do lixo nuclear. Novas perspectivas da utilização da radioatividade nestas áreas.

Sugestão de fonte de pesquisa:

- *Marcos da história da radioatividade e tendências atuais*, revista, Allan Moreira Xavier et al., revista Química Nova, v. 30, n. 1, São Paulo, jan/fev. 2007 (disponível em [www.quimicanova.sbq.org.br](http://www.quimicanova.sbq.org.br))
- [www.comciencia.br/reportagens/nuclear](http://www.comciencia.br/reportagens/nuclear)

#### 4 - aplicações da radioatividade nos processos de datação, irradiação de alimentos e indústria (história e perspectivas)

Falar sobre cada um dos processos explicando em que se baseiam, como surgiram e como tendem a evoluir. Abordar a questão histórica e social. Qual o impacto dessas técnicas nas questões históricas e sociais?

Sugestão de fonte de pesquisa:

- *Marcos da história da radioatividade e tendências atuais*, revista, Allan Moreira Xavier et al., revista Química Nova, v. 30, n. 1, São Paulo, jan/fev. 2007 (pode ser acessada em [www.quimicanova.sbq.org.br](http://www.quimicanova.sbq.org.br))
- *A química do tempo: Carbono-14*, Robson Fernandes de Farias, revista Química Nova na escola, n. 16, nov. de 2002 (disponível em [www.sbq.org.br/portal2/qnec.htm](http://www.sbq.org.br/portal2/qnec.htm))
- [www.comciencia.br/reportagens/nuclear](http://www.comciencia.br/reportagens/nuclear)

### **5 - acidentes radioativos (causas e conseqüências)**

Abordar os principais acidentes radioativos ocorridos no mundo (podem ser incluídas as bombas sobre o Japão). Apresentar as conseqüências (sociais, políticas, psicológicas, ambientais, etc) dos acidentes abordados.

Sugestão de fonte de pesquisa:

- *Marcos da história da radioatividade e tendências atuais*, revista, Allan Moreira Xavier et al., revista Química Nova, v. 30, n. 1, São Paulo, jan/fev. 2007 (pode ser acessada em [www.quimicanova.sbq.org.br](http://www.quimicanova.sbq.org.br))
- [www.comciencia.br/reportagens/nuclear](http://www.comciencia.br/reportagens/nuclear)
- *Autos de Goiânia*, suplemento da revista Ciência Hoje, n. 40, mar. 1988

### **6 - a radioatividade e o mercado de trabalho (histórico e tendências)**

Abordar os cursos técnicos em diferentes níveis ligados de forma direta ou indireta ao uso da radioatividade em diferentes áreas.

Sugestão de fonte de pesquisa:

- CETRE do Brasil, empresa que atua na área de treinamento e assessoria técnica na área de radioproteção ([www.cetre.com.br](http://www.cetre.com.br))
- Curso superior em radiologia da Famesp, informações disponíveis em: [www.famesp.com.br/curso\\_radiologia.aspx?gclid=CNrA7-m00pcCFQUWGgod0G4PDA](http://www.famesp.com.br/curso_radiologia.aspx?gclid=CNrA7-m00pcCFQUWGgod0G4PDA)

OBS.: o vídeo *O Clã Curie* e o paradiático *Marie Curie e a Radioatividade* também são referências para a produção dos seminários, assim como o site da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) - [www.cnem.gov.br](http://www.cnem.gov.br).

### **ORIENTAÇÕES GERAIS:**

Fará parte da elaboração do seminário a elaboração de um pequeno texto, em que as principais idéias de cada tema devem estar presentes e sua distribuição para a turma. Poderá fazer parte da apresentação do seminário a produção de vídeos, maquetes, painéis, dramatizações e entrevistas.

Cada grupo disporá de 20 minutos para apresentação dos seminários, que serão apresentados nas próprias salas de aula. Deverá ser preparado um painel (2,00 x 1,50 m aproximadamente) a ser utilizado na apresentação do seminário e, posteriormente, afixado na escola em local definido pelo grupo de alunos e pela direção. O painel deverá conter o título do seminário e a identificação dos alunos e da turma.

Os quatro professores participantes deverão assistir às apresentações e, para tanto, deverão deixar atividades nas turmas de origem, caso seja necessário, de acordo com o seguinte cronograma:

Segunda (03/09)	Terça (04/09)	Quarta (05/09)	Quinta (06/09)
201 (grupos 1 e 2) Filosofia – sala 26	207 (grupos 3 e 4) Filosofia – sala 26	----	---
207 (grupos 1 e 2) História – sala 19)	205 (grupos 1 e 2) Filosofia – sala 26	201 (grupos 5 e 6) Filosofia – sala 26	202 (grupos 5 e 6) Filosofia – sala 26
202 (grupos 1 e 2 ) Filosofia – sala 26	204 (grupos 1 e 2) Química – sala 08	206 (grupos 5 e 6) Filosofia – sala 26	204 (grupos 3 e 4) Química – sala 08
203 (grupos 1 e 2) Química – sala 08	207 (grupos 5 e 6) Sociologia – sala 02	203 (grupos 5 e 6) História – sala 19	204 (grupos 5 e 6) História – sala 19
206 (grupos 1 e 2) Química – sala 8	203 (grupos 3 e 4) Filosofia – sala 26	202 (grupos 3 e 4) Sociologia – sala 21	---
206 (grupos 3 e 4) História – sala 19	201 (grupos 3 e 4) Química – sala 08	205 (grupos 3 e 4) Química – sala 08	205 (grupos 5 e 6) Filosofia – sala 26

#### 4) Avaliação:

Os professores participantes do projeto definirão com cada turma o valor do trabalho.

Química: \_\_\_\_\_

História: \_\_\_\_\_

Sociologia: \_\_\_\_\_

Filosofia: \_\_\_\_\_

Critérios para avaliação dos seminários:

1. Organização, entrosamento do grupo, pontualidade. Procure começar e terminar sua apresentação no período marcado. Procure saber sobre todo o conteúdo a ser apresentado e não apenas sobre uma pequena parte (a sua parte), pois imprevistos acontecem e o grupo precisa estar preparado.
2. Criatividade. Use de estratégias inovadoras sempre que for possível.
3. Domínio do tema. É importante ter domínio do assunto de uma forma abrangente para que se possa fazer uma abordagem contextualizada do tema. Lembre-se de que se trata de um projeto interdisciplinar e procure expor seu tema sempre inserido em um contexto maior. Evite a leitura de textos. Utilize uma ficha com os principais tópicos sobre o que vai falar e organize esses tópicos na mesma seqüência em que eles serão apresentados durante o seminário. Isso o ajudará caso se esqueça de alguma coisa e evitará leituras extensas. Evite utilizar fontes de consulta que não sejam confiáveis, evitando, por exemplo, buscar informações em certos sites da Internet, pois muitas vezes não é possível garantir a veracidade das informações.
4. Painel (conteúdo, criatividade e estética). Procure fazer margem no painel, bem como utilizar letras de tamanho compatível, principalmente em títulos e subtítulos. Utilize cores que contrastem, facilitando a visualização. Procure colocar no painel as idéias principais acerca do seu trabalho.
5. Adequação da linguagem. Ao apresentar seu seminário, evite a utilização de gírias. Evite repetir muitas vezes a mesma palavra.

6. Material (resumo do tema) escrito para o professor e a turma. Evite criar uma “colcha de retalhos”, interligando textos copiados de diferentes fontes e também evite copiar todo o texto de uma única fonte. Procure redigir seu próprio texto com coerência, concordância e clareza. Se for necessário citar um parágrafo ou uma frase, coloque-as entre aspas e cite a referência. Todas as referências utilizadas para consulta devem constar no material.

**OBS.:** Ao receber o seu tema para pesquisa, procure os professores envolvidos para orientação. Os professores indicarão ou disponibilizarão outros materiais para consulta.

## **APENDICE E**

## Avaliação do paradidático

### Exercício – Química – Marie Curie e a Radioatividade – 3º bimestre – Valor: 1,5

- 1 – O que você destacaria como tema central do livro?
  
- 2 – Qual era a situação da Polônia na época em que viveu Marie Curie?
  
- 3 – Marie Curie foi por duas vezes laureada com o prêmio Nobel. Por quais trabalhos e em que ano ela recebeu esses prêmios?
  
- 4 – Após a proposta de Rutherford quanto ao modelo atômico, passou-se a compreender melhor a radioatividade. Observe o desenho na página 21 e faça uma crítica ao modelo atômico de Rutherford ali representado.
  
- 5 – Inicialmente, a radioatividade era entendida como uma emanção vinda naturalmente de alguns materiais, apesar de não se saber, ao certo, qual era sua natureza. Uma das contribuições para o entendimento da radioatividade veio dos trabalhos de Rutherford, que culminaram na proposição de um novo modelo para o átomo. Utilizando as idéias de Rutherford acerca da estrutura atômica, explique o que é radioatividade.
  
- 6 – Após a descoberta da radioatividade e suas aplicações, algumas coisas no mundo mudariam para sempre. Se você concorda com esta afirmação, exemplifique uma das mudanças ocorridas. Se você não concorda, exponha seus motivos em um parágrafo.
  
- 7 - *“Se as conquistas úteis à humanidade vos comovem; se ficais pasmados diante da telegrafia elétrica, da fotografia, da anestesia, e de tantas outras descobertas; se estais orgulhosos e conscientes da parte que cabe ao vosso país na conquista dessas maravilhas, tomai interesse, eu vos conjuro, por esses recintos sagrados que chamamos de laboratórios. Fazeis o possível para que eles se multipliquem. Eles representam os templos do futuro, da riqueza e do bem-estar social. É por intermédio deles que a humanidade melhora e cresce. É neles que o homem aprende a ler os segredos da natureza e da harmonia universal, enquanto as obras do homem são quase sempre obras de barbárie, de fanatismo e de destruição...”*

(Madame Curie em seu discurso quando da inauguração do Instituto de Radium, em Paris, em julho de 1914, início da 1ª Guerra Mundial).

Com base no que conheceu sobre a vida de Marie Curie através da leitura do livro e das discussões em sala, escreva um parágrafo expondo qual(is) fator(es) da vida dela possam ter contribuído para que desenvolvesse um interesse, um respeito e uma admiração tão grande pela ciência.

8 – Esta questão é livre para que você exponha em que sentido a leitura do livro, o contato com o vídeo *O Clã Curie* e a preparação dos seminários contribuíram para a sua compreensão dos conceitos de radioatividade. (OBS.: fique livre para escrever o que realmente pensa. A única resposta errada seria não responder nada, OK?)

## **APÊNDICE F**

## Avaliação sobre leis do decaimento e meia-vida

### Exercício – Química – Radioatividade – 3º bimestre – Valor: 1,5

No dia 09 de agosto de 2007, o programa Linha Direta, da Rede Globo, exibiu uma reportagem sobre o acidente radioativo ocorrido em Goiânia, há 20 anos. Na mesma semana, o programa SBT Repórter mostrou como o lançamento de duas bombas atômicas sobre cidades japonesas afetou aquele país e o mundo. Ainda na mesma semana, o programa Globo Ecologia, da Rede Globo, mostrou como a radioatividade pode ser importante para a produção de energia. Assim, vemos que o tema Radioatividade tem estado cada vez mais presente na mídia, uma vez que se mostra como uma alternativa à produção de energia em tempos de aquecimento global. Contudo, os riscos de acidentes, como os ocorridos em Chernobyl e em Goiânia, devem sempre ser considerados e, principalmente, evitados.

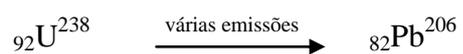
1 – Em Goiânia, dois rapazes retiraram uma parte de uma bomba de Césio-137 utilizada em radioterapia de um terreno abandonado, violaram a peça expondo o material radioativo e a venderam para um ferro velho. A bomba continha Cloreto de Césio-137. Fascinadas pelo brilho azulado do material, as pessoas foram espalhando o Césio entre parentes e vizinhos. O saldo foram 4 vítimas fatais nos primeiros dias, 57 vítimas fatais posteriores, mais de 600 pessoas contaminadas, além de mais de 13 toneladas de lixo contaminado com radiação. Agora, responda:

- a) Sendo o Cs-137 beta emissor, qual será o número atômico e o número de massa do novo elemento formado no decaimento?
  
- b) Os sintomas mais frequentemente relatados pelas vítimas do Césio eram enjôos, dores abdominais e dores de cabeça, além de queimações e secura na boca. Qual das emissões radioativas é a mais perigosa no que se refere à exposição à radiação e por quê?
  
- c) Os soldados que foram destinados a fazer o isolamento da área contaminada em Goiânia não usaram nenhum tipo de proteção contra a radiação, pois foram informados de que se tratava de um vazamento de gás, tornando-se, também, vítimas da radiação. Que tipo de proteção esses soldados deveriam utilizar?
  
- d) Hoje, o Cs-137 utilizado no Brasil no combate ao câncer se encontra sob a forma de substâncias não solúveis em água para dificultar possíveis contaminações conforme ocorrido com o cloreto de césio em Goiânia. Explique por que motivo a solubilidade em água é um fator importante quando se avalia o risco de contaminação.
  
- e) Sendo a meia-vida do Césio-137 de 30 anos, durante quanto tempo o material radioativo recolhido das casas das vítimas terá que permanecer enterrado para que os níveis de radiação se tornem inferiores a 5% do detectado na época do acidente?

2) O Césio-137 também é o principal contaminante dos alimentos distribuídos pela comunidade europeia após o acidente nuclear em Chernobyl. O leite em pó importado da

Irlanda apresentava 280 bequerels (desintegrações por segundo) por quilograma de pó. Após 90 anos, quantos bequerels este leite irá apresentar?

3) Outro material radioativo importante é o Urânio. Na região de Poços de Caldas, MG, há jazidas naturais de minérios contendo Urânio-238. Este radionuclídeo, após sucessivas emissões radioativas, dá origem ao chumbo (Pb) estável.



Quantas partículas alfa e quantas partículas beta foram emitidas nesse processo?

## **APÊNDICE G**

## Avaliação bimestral

**AValiação DE APRENDIZAGEM – 3º BIMESTRE / 2007 – (QUÍMICA) – Valor: 5,0**



Ao longo da história, a mulher muitas vezes esteve à margem do mundo social e do trabalho. Na área tecnológica e científica, não foi diferente: poucas ou muito poucas mulheres são citadas nos livros de ciências como importantes personagens na evolução da ciência. Contudo, uma mulher tem lugar de destaque no estudo de um importante ramo da química: os estudos de emissões radioativas. Marie Curie, nascida na Polônia, em 1867, após enfrentar muitas dificuldades em seu país, aos 24 anos foi para Paris para estudar física e matemática. Casada com Pierre Curie, também cientista, no início do casamento dividia o tempo entre os cuidados com a casa e as pesquisas do Doutorado.

Interessou-se pelos trabalhos de Henri Becquerel, que havia percebido emissões radioativas em sais de Urânio. Marie e Pierre prosseguiram seus estudos e avançaram muito no estudo de radioatividade contribuindo, assim, para o desenvolvimento de diversas novas teorias (como o modelo atômico de Rutherford) e tecnologias.

Marie Curie foi exemplo de uma mulher à frente do seu tempo. Estudou, trabalhou, foi esposa, mãe e uma brilhante cientista. Após a morte do marido, assumiu seu lugar como cátedra na universidade, sendo a primeira mulher na história a ocupar este cargo. Durante a 1ª Guerra Mundial, organizou centros de assistência radiológica aos feridos, onde trabalhou intensamente. Em 1926, esteve no Brasil. Ganhou o prêmio Nobel de Física e de Química. Morreu com 67 anos, em 4 de julho de 1934, vítima das radiações a que ficara exposta durante seu trabalho.

QUESTÃO 01

Sobre a vida de Marie Curie e o contexto histórico e cultural no qual se inseriram os seus trabalhos (abordados no livro *Marie Curie e a Radioatividade*), julgue os itens abaixo em certo ou errado.

- 1 ( ) A educação que recebeu de seus pais foi um fator de muita influência no que se refere ao seu gosto pela ciência;
- 2 ( ) O imperialismo europeu está diretamente ligado à sua decisão de deixar a Polônia para estudar na França;
- 3 ( ) O fato de ser mulher não influenciou o reconhecimento de seu trabalho, pois ela era uma brilhante cientista;
- 4 ( ) Percebe-se a presença do empirismo nos trabalhos por ela desenvolvidos;
- 5 ( ) Marie estava absolutamente correta acerca das propriedades dos materiais radioativos. Isso ocorre porque a ciência não é falha, de forma que todo conhecimento científico é sempre verdadeiro.

QUESTÃO 02

A radioatividade é um fenômeno natural ao qual todos estamos expostos. Materiais radioativos fazem parte da composição química de rochas, do ar, de plantas e de animais (inclusive do homem). Sobre a natureza da radioatividade, é **incorreto** afirmar que:

- a) um material é dito radioativo quando seu núcleo é instável e precisa liberar energia;
- b) segundo o modelo da ciência, fenômenos radioativos estão presentes no universo desde seu surgimento.
- c) as partículas radioativas são três: alfa (positiva), beta (negativa) e gama (sem carga elétrica);
- d) materiais radioativos podem oferecer risco à saúde, dependendo de sua concentração, do tempo de exposição e da proximidade na exposição;
- e) embora Becquerel já estudasse sais radioativos de Urânio, ele não sabia que as emissões eram provenientes do átomo, acreditando que essas eram provenientes da estimulação causada nesses sais pela incidência de fontes externas de energia (no caso, a energia solar).

QUESTÃO 03

Em alguns locais, o solo pode apresentar um grau de isótopos radioativos maior que outros. Um exemplo são as areias das praias de Guarapará (ES), que possuem um certo teor de Tório,  ${}_{90}\text{Th}^{232}$ , radioativo. Esse isótopo, após algumas desintegrações sucessivas, se transforma no  ${}_{82}\text{Pb}^{208}$  estável. Qual será o número de partículas  $\alpha$  e  $\beta$  emitidas nessa transformação?

- a) 6 e 4
- b) 6 e 5
- c) 5 e 6

- d) 4 e 6  
e) 3 e 3

QUESTÃO 04



O Santo Sudário, ou sudário de Tourim, é um pedaço de linho que, segundo alguns, teria sido a mortalha de Cristo. Muita polêmica já surgiu em torno da veracidade desse fato. Para tentar diminuir a polêmica, estudos de datação com C-14 foram realizados na peça que, segundo tais estudos, dataria do século XIV, e não da época de Cristo. Contudo, há controvérsias quanto aos resultados da datação, já que a peça teria sido danificada em um incêndio, o que poderia provocar alterações nos resultados dos testes de datação.

Agora é sua vez: considerando-se que a meia-vida do C-14 é de aproximadamente 5.730 anos, qual seria a idade de um fóssil cujo teor de emissões radioativas estivesse em torno de 6,25% daquela encontrada nos seres vivos?

- a) aproximadamente 23000 anos  
b) aproximadamente 29000 anos  
c) aproximadamente 17000 anos  
d) aproximadamente 50000 anos  
e) não é possível saber, pois passaram-se muitos períodos de meia vida.

QUESTÃO 05



Outra aplicação da radioatividade é na irradiação de alimentos, processo que ainda não é muito comum no Brasil. Alimentos irradiados devem apresentar este símbolo para que o cidadão possa fazer a opção de consumi-los ou não. Sobre esse assunto, julgue os itens em certo e errado.

- 1 ( ) a irradiação previne o brotamento e aumenta o tempo de durabilidade do alimento em condições apropriadas ao consumo humano;  
2 ( ) este tipo de alimento é recomendado para pacientes soropositivos para HIV, pois a irradiação esteriliza o alimento, evitando contaminações;  
3 ( ) não há restrição quanto ao consumo de alimentos irradiados por parte da sociedade de uma maneira geral, pois é sabido que esse processo não torna os alimentos radioativos.  
4 ( ) todo tipo de alimento pode ser irradiado sem que suas propriedades organolépticas (cor, cheiro, gosto, textura) sejam alteradas.

QUESTÃO 06



*“Não dá para esquecer: o atol (de Bikini), ponto remoto das ilhas Marshal, na Micronésia, foi o cenário de arrasadoras explosões atômicas. De 1946 até 1958, os Estados Unidos detonaram 66 bombas na região, como parte das experiências do seu programa nuclear. As conseqüências foram trágicas. Centenas de pessoas contaminadas pela radioatividade morreram.”*  
Revista Terra, mar. 1997

As bombas atômicas são baseadas em processos de fissão nuclear. A mesma fissão que pode gerar energia para produção de eletricidade em usinas nucleares foi a que provocou o holocausto no final da Segunda Guerra Mundial e fez com que, a partir daí, o mundo se sentisse sempre ameaçado pelo seu poderio destrutivo, principalmente durante a Guerra Fria. Das equações abaixo, qual exemplifica melhor o processo de fissão nuclear?

- a)  $4\text{ }^1_1\text{H} \rightarrow \text{}^4_2\text{He} + 2\beta + \gamma$   
b)  ${}^{235}_{92}\text{U} + \text{n} \rightarrow {}^{140}_{56}\text{Ba} + {}^{94}_{36}\text{Kr} + 2\text{n}$   
c)  ${}^{127}_{13}\text{A} + \alpha \rightarrow {}^{30}_{15}\text{P} + \text{n}$   
d)  ${}^{232}_{90}\text{Th} \rightarrow {}^{228}_{88}\text{Ra} + \alpha$   
e) Nenhuma das equações

QUESTÃO 07



*“Médica ucraniana diz que 60 mil pessoas morreram em conseqüência de Chernobyl, mas dados oficiais mostram que é quase impossível um cálculo rápido e exato dos danos da maior catástrofe nuclear do mundo.”*  
O Estado de S. Paulo, 12 abr. 1996

Com certeza, não era este tipo de notícia que Marie Curie pensava encontrar nos meios de comunicação ao dedicar sua vida ao estudo da radioatividade. Contudo, passa por todos nós a responsabilidade de, conhecendo a radioatividade e os riscos envolvidos em sua utilização, evitar que mais notícias como essas tenham que ser divulgadas.

Sobre o uso de energia nuclear para produção de eletricidade, julgue os itens:

1 ( ) Um acidente como o de Chernobyl provavelmente não ocorreria em Angra, pois essa possui paredes de contenção que protegem o reator nuclear, o que não existia em Chernobyl;

2 ( ) Nas usinas brasileiras, é utilizado Urânio enriquecido, o que significa adicionar cerca de 3% de U-235 (fissionável por ser mais instável) ao U-238 (mais abundante na natureza), exatamente como na produção de bombas atômicas;

3 ( ) A "fumaça" que as usinas nucleares do tipo PWR (como as de Angra) emitem não são poluentes, pois tratam-se de vapor d'água. Porém, a água quente devolvida à natureza pode alterar a solubilidade do oxigênio, interferindo no equilíbrio natural, ainda que tal interferência seja pequena;

4 ( ) Questões políticas e ideológicas agravaram o acidente de Chernobyl, pois evitaram que a população fosse informada imediatamente sobre o acidente, o que demonstra que as questões científicas e tecnológicas estão inseridas em um contexto histórico-cultural, sendo por ele influenciadas;

5 ( ) Outro problema quanto às usinas nucleares é o lixo gerado. No Brasil, o depósito definitivo do lixo nuclear produzido em Angra situa-se nas próprias usinas, em piscinas onde a água serve de barreira às emissões radioativas;

6 ( ) Não é importante que a sociedade se envolva nas discussões sobre a implantação de novas usinas nucleares no Brasil, pois tal discussão é de ordem técnica e deve ser feita apenas entre os especialistas.

QUESTÃO 08
------------

O processo contrário ao da fissão nuclear é o da fusão nuclear. Nesse processo, núcleos atômicos menores fundem-se, formando núcleos maiores. Isso ocorre porque tanto átomos muito pequenos quanto aqueles muito grandes não são tão estáveis como os de tamanho médio, como o  ${}_{56}\text{Fe}$ , por exemplo. Sobre a fusão nuclear, é **incorreto** afirmar que:

- a) para iniciar o processo, é necessário uma grande quantidade de energia para superar a repulsão natural entre os núcleos a serem fundidos;
- b) esse processo também ocorre com liberação de grande quantidade de energia;
- c) esse processo consiste na nossa fonte primária de energia na Terra, pois o Sol é gás hidrogênio em fusão;
- d) esse processo não permite a produção de bombas e por isso constitui-se em uma grande esperança para a matriz energética mundial, ameaçada pela escassez do petróleo e pelo aquecimento global;
- e) a fusão nuclear pode ser utilizada para produzir átomos de novos elementos químicos, como os transurânicos.

QUESTÃO 09
------------

Outra importante aplicação da radioatividade está na medicina. Nesse caso, ela pode ser utilizada para tratamento ou diagnóstico. Na medicina nuclear, um exame muito moderno e promissor no diagnóstico do câncer é o PET (Positron Emission Tomography) ou tomografia por emissão de pósitrons. Nesse exame, moléculas de glicose marcadas com flúor-18 radioativo são injetadas no corpo do paciente e suas emissões monitoradas enquanto tais moléculas viajam pelo corpo. Como células tumorais são maiores consumidores de glicose do que as células saudáveis, sinais de câncer podem ser detectados antes que alterações fisiológicas aconteçam, o que permite um diagnóstico em estágios muito iniciais da doença, coisa que outros exames não conseguem. Sobre esse assunto é correto afirmar que:

- a) aparelhos de raios-X são um exemplo de exame para diagnóstico de doenças que utiliza energia nuclear;
- b) o exame PET já está disponível em Brasília, sendo acessível a toda a população, comprovando que a ciência sempre promove a equidade social;
- c) a medicina busca isótopos com períodos de meia vida longos para que haja tempo suficiente para a realização dos exames;
- d) após o acidente em Goiânia com cloreto de Césio-137, ficou claro o risco da utilização de substâncias radioativas solúveis em água para exames e tratamento médico, sendo hoje mais utilizado o Cobalto-60 metálico;

- e) o analfabetismo científico de uma comunidade não pode ser considerado um fator contribuinte para acidentes como o de Goiânia (onde havia o trifólio, que representa a radiação na bomba de Césio-137), pois cabe ao Estado proteger a população desse tipo de material.

QUESTÃO 10
------------

Neste bimestre, estudamos radioatividade. Procuramos abordar o tema em um contexto que valorizasse seus aspectos históricos e culturais. Escreva um parágrafo explicando qual a importância de estudar os aspectos históricos e culturais dos temas científicos, como fizemos no estudo da radioatividade.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

*Na vida não existe nada a temer, mas a entender.  
Agora é hora de compreender mais e temer menos.  
Marie Curie*

## **APÊNDICE H**

## Questionário aplicado aos alunos do 3º ano

Caro aluno, gostaríamos de conhecer sua relação com o conhecimento químico e, para tanto, gostaríamos que respondesse às seguintes questões:

- 1 - Em que série você está?     \_\_\_ 2º ano    \_\_\_ 3º ano
- 2 - Era aluno do CEM 01 em 2007?   \_\_\_sim    \_\_\_não
- 3 - Em caso afirmativo, em que turma estava matriculado em 2007? \_\_\_\_\_
- 4 - Possui livro de didático de Química?   \_\_\_sim    \_\_\_não
- 5 - Traz o livro regularmente para a escola?   \_\_\_sim    \_\_\_não
- 6 - Tem o hábito de estudar Química no período que passa fora da escola?   \_\_\_ sim    \_\_\_não
- 7 - Que assunto(s) relacionado(s) à disciplina de Química mais lhe interessa(m)?
  
- 8 - Que atividade da disciplina de Química você vivenciou que **mais** o agradou?
  
- 9 - Que atividade da disciplina de Química você vivenciou que **menos** o agradou?
  
- 10 - Que atividade da disciplina de Química você vivenciou que **mais** contribuiu para o seu aprendizado?
  
- 11 - Que atividade da disciplina de Química você vivenciou que **menos** contribuiu para o seu aprendizado?
  
- 12 - O que você considera que facilita ou facilitaria o seu aprendizado?

## **APÊNDICE I**

## Formulário de Auto-Avaliação

**TRABALHO INTERDISCIPLINAR – RADIOATIVIDADE EM UM CONTEXTO CULTURAL**  
**FICHA DE AVALIAÇÃO** TURMA: \_\_\_\_\_ Tema do seminário: \_\_\_\_\_

I – Avaliação dos membros do grupo pelo grupo (**Atribua valores de 0 a 3. 0 – não realizado; 1 – realizado de forma insuficiente; 2 – realizado de forma regular; 3 – realizado de forma plena**)

Nome do participante	No.	Discussão sobre o vídeo	Leitura do livro	Comparecimento às reuniões do grupo	Contribuição no produto final	Dedicação do membro para o sucesso do grupo

II – Avaliação do trabalho (**Atribua valores de 0 a 3. 0 – ruim; 1 – razoável; 2 – bom; 3 – muito bom**)

Atividades propostas	Relevância (importância)	Qualidade do material	Profundidade da discussão	Desempenho dos professores
Vídeo				
Paradidático				
Explicações				
Seminário				
Palestra				
Avaliações				

Espaço destinado a comentários, críticas e sugestões: \_\_\_\_\_

## **APÊNDICE J**



# **UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

Decanato de Pesquisa e Pós-Graduação

Instituto de Biologia

Instituto de Física

Instituto de Química

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS**

**MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM ENSINO DE CIÊNCIAS**

## **A Radioatividade como tema em uma perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade com foco em História e Filosofia da Ciência**

Luciana da Cruz Machado da Silva

Proposição de ação profissional  
resultante da Dissertação de Mestrado  
realizada sob orientação do(a) Prof.(a)  
Dr.(a) Joice de Aguiar Baptista e  
apresentada à banca examinadora como  
requisito parcial à obtenção do Título  
de Mestre em Ensino de Ciências –  
Área de Concentração “Ensino de  
Química”, pelo Programa de Pós-  
Graduação em Ensino de Ciências da  
Universidade de Brasília.

Brasília – DF

Março

2009

## **A Radioatividade como tema em uma perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade com foco em História e Filosofia da Ciência**

Apresentação	173
Introdução	176
1 – Justificativa	177
2 – Objetivos	178
3 – Conteúdos	178
3.1 Conteúdos de Química	179
3.2 Conteúdos de História	179
3.3 Conteúdos de Sociologia	180
3.4 Conteúdos de Filosofia	180
4 - Detalhamento da proposta	180
4.1 Seleção de materiais e escolha de estratégias	181
4.2 Apresentação da proposta aos professores e convite para Execução	181
4.3 Questões iniciais	181
4.4 Leitura de paradidático	182
4.5 Exibição do vídeo	183
4.6 Socialização das questões propostas sobre o vídeo	186
4.7 Aulas expositivas / material de apoio ao aluno	186
4.8 Elaboração de seminários pelos alunos	203
4.9 Palestra da CNEN na escola	210
4.10 Atividades avaliativas	211
4.11 Apresentação dos seminários	211
5 - Cronograma das atividades	212
6 - Texto de apoio aos professores	214
7 - Trabalhando com auto-avaliação	225
8 - Referências bibliográficas	228

## Apresentação

Ao longo de minha prática escolar, tenho percebido que, mesmo com as particularidades naturais inerentes a cada indivíduo, um aspecto do ensino tende a ser o mesmo: os alunos, em geral, demonstram não gostar das horas que passam na escola, estudando. É comum ouvirmos murmúrios de reclamações ao propormos atividades, é freqüente a falta de interesse nas aulas expositivas, é comum vermos nossos alunos completamente dispersos enquanto falamos sobre os modelos explicativos da estrutura da matéria ou sobre as interações moleculares que tanto nos fascinam enquanto professores de ciências.

Nas salas de aula, o ensino de ciências tem assumido um caráter demasiadamente formal e desvinculado do mundo do aluno (Pietrocola, 1999), criando o que Matthews (1995) chamou de “mar da falta de significado” e contribuindo para que o interesse e curiosidade naturais do estudante percam força diante da dificuldade ou mesmo impossibilidade de apreensão daquilo que está sendo ensinado como verdade científica nas aulas de ciências. Mas o que significa uma verdade científica? Como a sociedade vê a Ciência? Essas são questões fundamentais para aqueles que se propõem a ensinar.

Para Chalmers (1993), a sociedade atual atribui valor de verdade absoluta e inquestionável ao conhecimento científico. Essa visão não leva em conta o caráter falível e mutável da ciência, de forma que uma prática docente que não considere essa natureza do conhecimento científico não pode ser encarada, de fato, como uma prática de ensino de ciências, pois valoriza apenas o produto desse conhecimento, negligenciando os mecanismos envolvidos em sua construção.

Contudo, no que se refere ao comportamento dos alunos, ao observar sua reação diante dos conteúdos e das atividades propostas durante as aulas, um fato que sempre me chamava a atenção era seu interesse pelas “curiosidades” trazidas pelos livros didáticos ou pelo professor durante as aulas. Analisando tais “curiosidades”, constata-se que, em geral, abordam situações de aplicações práticas dos conteúdos apresentados para estudos ou, ainda, relacionam-se a aspectos da história e da cultura referentes às descobertas científicas e à vida dos cientistas.

Comecei, então, a pensar sobre as possíveis vantagens pedagógicas de se trabalhar os conteúdos científicos em uma abordagem que incorporasse suas dimensões

histórica, social e cultural em um enfoque temático. Assim, encontramos no Movimento CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) uma alternativa na busca pela construção de uma visão de ciência dinâmica e mutável, a partir de seu ensino inserido em um contexto cultural, que valoriza os aspectos epistemológicos, históricos e sociais.

Santos e Mortimer (2000) apresentam uma série de autores que buscam uma definição no que se refere à ênfase curricular CTS. As definições apresentadas não se tornam divergentes por apresentarem algumas variações, mas complementares. Nesse trabalho, optamos pela caracterização de CTS atribuída a Hofstein, Aikenhead e Riquarts<sup>41</sup>, citados por Santos. Para eles, essa abordagem é o

ensino do conteúdo de ciência no contexto autêntico de seu meio tecnológico e social, no qual os estudantes integram o conhecimento científico com a tecnologia e o mundo social de suas experiências do dia-a-dia. (p. 136).

Ainda segundo Santos e Mortimer (2000), isso equivaleria

a uma integração entre educação científica, tecnológica e social, em que os conteúdos científicos e tecnológicos são estudados juntamente com a discussão de seus aspectos históricos, éticos, políticos e sócio-econômicos. (p. 136).

Tal proposta veio ao encontro de nosso anseio por um ensino de ciências que permitisse ao aluno dar maior significado ao que é ensinado, articulando os conhecimentos científicos aos processos nos quais está inserido. Dessa forma, é possível favorecer a aprendizagem e contribuir para a aquisição de conhecimentos necessários ao exercício da cidadania, o que permite ao cidadão fazer parte do mundo de maneira ativa e consciente.

No atual contexto mundial, é necessário que o cidadão possua conhecimentos acerca da natureza da ciência, e não apenas de seus produtos, para que esteja apto a julgar e decidir de forma consciente questões de interesse da sociedade, ligados aos temas científicos.

Nesse contexto, o tema radioatividade mostra-se extremamente relevante por tratar-se de um fenômeno natural, presente na vida de todos, e também por sua utilização em processos variados, como a datação de fósseis e rochas, a irradiação de

---

<sup>41</sup> HOFSTEIN, A., AIKENHEAD, G., RIQUARTS, K. (1988). Discussions over STS at the fourth IOSTE symposium. *International Journal of Science Education*, v. 10, n. 4, p. 357-366.

alimentos, o diagnóstico e tratamento de doenças, além da produção de energia, questão tão em voga nos dias atuais.

Por outro lado, o desconhecimento dos riscos da utilização indevida dos materiais radioativos, associado a diversas conjunturas políticas e sociais, foi responsável por inúmeros acidentes ao longo dos tempos. Isso justifica, uma vez mais, a relevância do conhecimento dos processos científicos e tecnológicos associados aos usos da radioatividade.

Contudo, ainda que relevante, a radioatividade muitas vezes não é tratada de forma satisfatória, sendo ocasionalmente negligenciada pelos professores de ensino médio e até mesmo nas instituições de formação de professores. Esse fato pode justificar suas dificuldades em lidar com o assunto em sala de aula e até mesmo os equívocos existentes nas concepções do cidadão e da mídia. Por isso, um olhar mais atento sobre o assunto se faz necessário para que nossos alunos possam, de fato, ter acesso ao conhecimento.

Com base no que foi exposto, apresentamos uma proposta de abordagem histórica, social e cultural para o tema Radioatividade, que visa trabalhar conceitos científicos a partir de sua construção, articulando o conhecimento científico com suas aplicações e perspectivas na sociedade atual.

#### **Para saber mais:**

CHALMERS, A. F. **O Que é ciência afinal?** São Paulo: Brasiliense, 1993.

MATTHEWS, M. R. História, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. In: **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. Santa Catarina, v. 12, n. 3, p. 164-214, dez. 1995.

SANTOS, W. L. P. dos. Contextualização no Ensino de Ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. In: **Ciência e Ensino**. Campinas; v. 1, número especial, nov. 2007.

SANTOS, W. L. P. dos; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (ciência-tecnologia-sociedade) no contexto da educação brasileira. In: **Ensaio: pesquisa em educação em ciências**. Belo Horizonte, v. 2, n. 2, 133-162, dez. 2000.

XAVIER, A. M.; LIMA, A. G. de; VIGNA, C. R. M.; VERBI, G. G. B.; GORAIEB, K.; COLLINS, C. H.; BUENO, M. I. M. S. Marcos da história da radioatividade e tendências atuais. In: **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 30, n. 01, p.83-9, 2007.

## Introdução

O objetivo deste material é apresentar uma proposta de ensino com ênfase CTS para o tema Radioatividade no ensino médio, buscando a construção de uma visão de ciência mutável, dinâmica, falível, não neutra e articulada aos processos históricos, sociais e culturais.

A proposta foi desenvolvida a partir de materiais de ensino já existentes, como livro paradidático e vídeo, associados a outros por nós organizados. Tem, contudo, como diferencial, uma abordagem temática, que supõe uma visão do conhecimento científico como elemento cultural e uma participação ativa do aluno como sujeito de seu processo de aprendizagem, através da realização de seminários e auto-avaliação.

Propomos a utilização de diversos recursos didáticos na execução da proposta para atender a diversidade de alunos em nosso grupo, numa perspectiva de pluralismo metodológico. Permite-se, assim, que seja dada a oportunidade de ler àquele que aprende melhor lendo, a oportunidade de ouvir ao que aprende melhor ouvindo, a oportunidade de falar àquele que aprende melhor falando etc.

Para favorecer o entendimento das articulações CTS, na presente proposta buscou-se a parceria com professores de outras disciplinas, em um trabalho interdisciplinar, portanto, que pressupõe o entendimento por parte do professor de que ele não é detentor de um conhecimento absoluto e de que há possibilidades incontáveis de aprendizado ao interagir com professores de outras disciplinas. Proporciona-se, assim, uma visão orgânica dos conhecimentos no lugar dos recortes disciplinares geralmente presentes nas práticas escolares.

As disciplinas com as quais trabalhamos nesta proposta são Química, História, Sociologia e Filosofia. Contudo, é possível, no mesmo contexto, a articulação com quaisquer outras matérias, principalmente a Física, a Biologia e a Geografia.

Por outro lado, na impossibilidade de articulação com outros professores, entendemos ser possível sua aplicação na condução por um único professor, uma vez que a interdisciplinaridade pode ser entendida como uma postura pessoal e não como uma união de professores de diferentes disciplinas. Esta proposta foi fruto de um trabalho de mestrado e foi aplicada em uma escola pública do DF. Logo, é importante considerar as possíveis necessidades de sua adequação à realidade de outras escolas.

Ressaltamos, ainda, a viabilidade de execução desta proposta no contexto real da escola pública, com todas as dificuldades que ela apresenta, quais sejam o excesso de turmas para cada professor, o excesso de alunos por turma e a grande quantidade de conteúdos diferentes, com os quais, muitas vezes, o professor trabalha simultaneamente.

## **1 – Justificativa**

Segundo os documentos oficiais que definem diretrizes para o Ensino Médio no Brasil, o objetivo do ensino de ciências nesse nível passa pela alfabetização científica dos alunos como instrumento necessário ao julgamento inerente ao exercício da cidadania na sociedade tecnológica contemporânea.

Tal necessidade tem surgido diante do desafio de construir uma sociedade participativa e não tecnocrática, na qual os cidadãos estejam aptos a discutir e opinar sobre questões ligadas à ciência e à tecnologia e suas implicações sociais e ambientais.

Um tema da ciência de grande relevância social, econômica e política é a Radioatividade, tanto por suas aplicações médicas, bélicas, energéticas, etc, quanto pelo impacto que sua utilização pode causar no ambiente.

Por outro lado, o professor de ciências muitas vezes se sente despreparado em abordar o assunto devido a uma formação inicial deficitária. Em nossa experiência enquanto alunos de graduação na Universidade de Brasília, o tema Radioatividade não foi abordado em nenhuma disciplina e a situação ainda hoje não é diferente segundo pesquisa realizada no site<sup>42</sup> da instituição, na qual pudemos constatar que em nenhuma das disciplinas obrigatórias do curso de Licenciatura em Química o tema é contemplado.

Assim, o professor pode ser levado a utilizar como principal ou única fonte de consulta para o seu trabalho o livro didático, que, por sua vez, em geral traz uma abordagem que prioriza apenas os produtos da ciência e não sua construção, dificultando a compreensão da natureza da ciência. Além disso, muitas vezes trazem erros conceituais ou informações incompletas ou equivocadas.

Por tudo isso, buscamos uma proposta de abordagem do tema em uma perspectiva CTS que visa, também, possibilitar a compreensão da natureza da ciência e não apenas seus produtos.

---

<sup>42</sup> Levantamento efetuado em 20/06/2007, no endereço [www.unb.com.br](http://www.unb.com.br).

## 2 – Objetivos

A proposta desenvolvida tem os seguintes objetivos:

- evidenciar que a ciência caracteriza-se como construção humana e coletiva;
- perceber que avanços no conhecimento científico acarretam mudanças dos hábitos sociais;
- compreender que o desenvolvimento dos conhecimentos científico-tecnológicos implica responsabilidade social;
- analisar o papel da mulher em dado período histórico e sua inclusão na comunidade científica, utilizando como exemplo a vida de Marie Curie;
- avaliar os riscos e benefícios na utilização de materiais radioativos e tecnologias envolvendo tais materiais, que determinaram a história e que devem ser avaliados em aplicações futuras;
- compreender a estrutura da matéria;
- compreender as relações ente matéria e energia;
- compreender a natureza das emissões radioativas;
- compreender a dinâmica das emissões radioativas;
- interpretar gráficos;
- identificar corretamente em que processos a radioatividade é utilizada pelo homem em diversas áreas;
- compreender e utilizar a linguagem química na descrição e avaliação de processos;
- reconhecer informações relevantes quanto ao modelo da constituição da matéria e à radioatividade.
- articular conteúdos das disciplinas de Química, História, Sociologia e Biologia ao interpretar a construção do conhecimento sobre radioatividade e as conseqüências de sua utilização pelo homem.

### **3 – Conteúdos**

Os conteúdos listados a seguir são sugestões organizadas de acordo com a experiência de aplicação desta proposta em uma escola pública do DF. No entanto, outros conteúdos e outras disciplinas podem interagir de forma harmoniosa, construindo novos caminhos de acordo com as necessidades de cada comunidade escolar.

#### **3.1 Conteúdos de Química:**

3.1.1 - O que é radioatividade.

3.1.2 - Ocorrência de encontramos fenômenos radioativos naturais.

3.1.3 - A descoberta da radioatividade (análise das biografias dos principais cientistas relacionados à descoberta da radioatividade com ênfase na família Curie. Aqui, se pretende criar uma interface com a História na discussão do imperialismo europeu que determinou, através da invasão da Polônia pela Rússia, a saída de Marie Curie para a França. Também se pretende uma interface com a Sociologia na análise do papel social da mulher na sociedade da época e as dificuldades e contribuições de Marie e Irène Curie quanto a tais questões.).

3.1.4 - Relações entre a radioatividade e a estrutura atômica.

3.1.5 - Natureza das emissões radioativas.

3.1.6 - Efeito das radiações alfa, beta e gama nos organismos vivos (pode-se criar uma interface com a Biologia).

3.1.7 - Cinética das desintegrações radioativas: período de meia-vida.

3.1.8 - Fissão e fusão nucleares.

3.1.9 - Aplicações da radioatividade.

3.1.10 - Acidentes e catástrofes envolvendo a energia nuclear (interface com a História na análise dos bombardeios a Hiroshima e Nagasaki; análise junto à História e à Sociologia acerca dos acidentes de Chernobyl e de Goiânia).

#### **3.2 Conteúdos de História:**

2.2.1 - Imperialismo Europeu.

3.2.2 - Desenvolvimento científico no século XIX.

- 3.2.3 - 1ª Guerra Mundial.
- 3.2.4 - Período entre guerras.
- 3.2.5 - 2ª Guerra Mundial.
- 3.2.6 - Guerra Fria.

### **3.3 Conteúdos de Sociologia:**

- 3.3.1 - O papel social da ciência.
- 3.3.2 - As questões de distinção e discriminação de gênero na sociedade dos séculos XIX e XX.
- 3.3.3 - As consequências sociais da evolução científica e tecnológica.
- 3.3.4 - Política, Ciência e Sociedade.

### **3.4 Conteúdos de Filosofia:**

- 3.4.1- A filosofia como berço da ciência.
- 3.4.2- Filosofia da Ciência.
- 3.4.3 - Os filósofos da ciência:
  - Descartes: racionalismo
  - Comte: positivismo
  - Popper: falseacionismo
  - Lakatos: programas de pesquisa
  - Kuhn: revoluções científicas

## **4 – Detalhamento da Proposta**

Esta proposta de ensino está dividida em 11 etapas, a saber:

- 4.1 - Seleção de materiais e escolha de estratégias.
- 4.2 - Apresentação da proposta aos professores e convite para execução.
- 4.3 - Questões iniciais.
- 4.4 - Leitura de paradidático.

- 4.5 - Exibição do vídeo.
- 4.6 - Socialização das questões propostas sobre o vídeo.
- 4.7 - Aulas expositivas/material de apoio ao aluno.
- 4.8 - Elaboração de seminários pelos alunos.
- 4.9 - Palestra da CNEN na escola.
- 4.10 - Atividades avaliativas.
- 4.11 - Apresentação dos seminários.

As etapas estão descritas procurando seguir uma ordem coerente de execução, contudo, não há rigidez nessa seqüência e a alteração na ordem de algumas das atividades descritas a seguir é opção do professor:

4.1 – Seleção de materiais e escolha das estratégias a serem utilizados para alcançar o objetivo de despertar e manter o interesse dos alunos e facilitar a aprendizagem do conteúdo químico mediante uma abordagem histórica e cultural e que contemplasse as relações CTS. Apresentamos o vídeo *O Clã Curie* (Gilgamesh/la Cinquième, França, versão e distribuição nacional Sinapse, de A Saga do prêmio Nobel, dublado, duração de cerca de 26 minutos) e o paradidático *Marie Curie e a Radioatividade* (de Steve Parker, tradução de Sílvio Neves Ferreira, da Série Caminhos da Ciência, São Paulo, Editora Scipione, 1996), cuja escolha será explicitada em etapas posteriores.

4.2 – Apresentação da proposta e convite para sua implementação aos professores de História, Filosofia e Sociologia das turmas envolvidas. Contato dos professores com os materiais descritos no tópico 6.1 e discussão da proposta enfocando as especificidades de cada disciplina.

4.3 – Sendo a Radioatividade um tema que permeia os meios de comunicação freqüentemente, a maioria dos alunos já possui algumas concepções acerca do assunto. Propomos, então, exporem suas concepções sobre o tema. Isso pode ser feito por meio da aplicação de questionário em que os alunos respondam às seguintes questões:

- 1) O que você entende por radioatividade?
- 2) Sobre materiais radioativos, responda:
  - a) onde podem ser encontrados?

- b) em que podem ser aplicados (utilizados)?
- c) oferecem risco à flora e a fauna? Quais?

Optamos por fazer com que os alunos escrevessem expondo suas experiências pessoais, proporcionando autoconsciência, e considerando que essas interferem na recepção/motivação para aprendizagem e devem ser valorizadas na atividade de ensino (MOREIRA, 2005).

4.4 – Solicitação aos alunos da leitura do paradidático *Marie Curie e a Radioatividade*. O livro possui trinta e duas páginas, incluindo várias figuras, inclusive imagens e fotografias épicas, além de modelos de explicações científicas e um glossário. A opção por esse livro atendeu ao princípio da pluralidade de enfoques no contato com o tema, permitindo que os alunos tivessem a oportunidade de ler algo além do que se encontra nos livros didáticos de Química. Mas, principalmente, esse livro foi escolhido por seu conteúdo biográfico, pela abordagem histórica sobre a descoberta da radioatividade e seu impacto social em uma abordagem interdisciplinar.

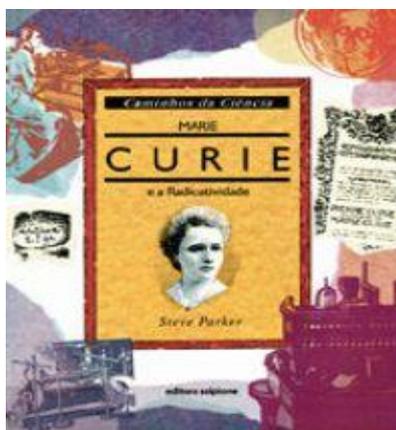


Ilustração da capa do livro. Fonte: [www.livrariascuritiba.com.br](http://www.livrariascuritiba.com.br). Acesso em 20 de dezembro de 2008.

O livro destaca o caráter colaborativo na produção do conhecimento científico, mostrando que as descobertas relacionadas à radioatividade não podem ser creditadas a um único cientista, tendo ocorrido através de um esforço conjunto. Há, ainda, uma abordagem dos acontecimentos posteriores aos trabalhos do casal Curie relacionados à radioatividade e um quadro relacionando fatos políticos, artísticos, científicos e grandes descobertas, que pretende contextualizar a abordagem, vindo, por tudo isso, ao encontro de nossa proposta. Sugerimos um prazo de 15 dias para conclusão da leitura.

4.5 – Nesta etapa, os alunos assistem ao vídeo *O Clã Curie*.



Pierre e Marie Curie. Fonte: [www.ifi.unicamp.br/.../Curie/Curienovo.htm](http://www.ifi.unicamp.br/.../Curie/Curienovo.htm). Acesso em 20 de dezembro de 2008.



Irène Curie e Frederic Joliot. Fonte: [www.curie.fr/.../lang/\\_fr.htm](http://www.curie.fr/.../lang/_fr.htm). Acesso em 20 de dezembro de 2008.

O vídeo conta a história dos Curie através de fotos, vídeos e encenações dos principais acontecimentos relacionados à vida familiar e à atividade científica, de forma contextualizada histórica, política e culturalmente. Ele aborda a construção dos conhecimentos acerca da radioatividade, expondo as contribuições de Roetgen até as de Irène e Frédéric Joliot Curie<sup>43</sup>, destacando o trabalho de Marie e Pierre Curie, além das relações entre seus trabalhos e os de outros cientistas, como Rutherford. Assim como o livro, o vídeo também insere a produção científica em seu contexto histórico e cultural, mostrando a ciência como um processo dinâmico de construção de conhecimento em

---

<sup>43</sup> Devido ao prestígio que o nome Curie já havia alcançado na época, ao se casar, Irène e seu marido Frédéric Joliot optaram por incorporar Curie ao seu sobrenome (Quinn, 1997).

que a observação, a elaboração de hipóteses e os modelos explicativos são valorizados na compreensão dos fenômenos.

As dificuldades enfrentadas por Marie Curie, tanto pela situação política de seu país quanto pela questão de gênero, são abordadas no vídeo, possibilitando discussões sobre o imperialismo europeu, bem como discussões sobre a força e o papel da mulher na sociedade. O vídeo mostra, também, que Marie foi a primeira mulher a ser laureada com o prêmio Nobel, a única pessoa a receber tal honraria por duas vezes, além do fato de um terceiro prêmio Nobel ter sido entregue a sua filha, Irène Joliot Curie, também por trabalhos relacionados à radioatividade.

O entusiasmo causado pelas novas descobertas tanto na comunidade científica quanto na sociedade em geral são abordados, bem como os riscos biológicos da utilização das radiações ionizantes. Também o uso dessa energia, por muitas vezes polêmico, é inserido no contexto da primeira Guerra Mundial, no período entre guerras e na segunda Guerra Mundial, contemplando as relações CTS.

O vídeo, assim como o livro, tem caráter interdisciplinar. Abordando conteúdos relacionados a modelos atômicos, estabilidade atômica, extração e purificação de substâncias e radioatividade ligados à Química; imperialismo europeu, grandes guerras mundiais, período entre guerras, política e ciência ligados à História; a visão da ciência e a construção científicas à época, o método de trabalho científico relacionados à Química e a Filosofia; o papel da mulher na sociedade, as conquistas femininas ao longo dos tempos, as relações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade ligados à Sociologia; entre outros.

Antes da exibição do vídeo, com o intuito de favorecer a compreensão dos assuntos tratados e de auxiliar no debate sobre o filme, os alunos recebem cinco questões, de um total de 39, para serem respondidas durante a exibição. Abaixo, apresentamos a lista de questões que podem ser utilizadas.

### **Questões sobre o vídeo O Clã Curie**

- 1 – Onde nasceu Marie Curie?
- 2 – O que motivou sua saída da terra natal?
- 3 – Que acordo Marie fez com sua irmã Bronia?
- 4 – Para que país ela foi?
- 5 – Quem foi Pierre Curie?
- 6 – Como foi a vida instrucional de Pierre?

- 7 – Por que Marie Curie hesitou em aceitar o pedido de casamento de Pierre?
- 8 – Sobre o que tratou a tese de doutorado de Marie Curie?
- 9 – Em que consistiam os estudos de Becquerel? O que ele descobriu?
- 10 – Onde Marie realizou suas pesquisas? Por quê?
- 11 – Por que o eletrômetro detectou que o ar se tornou condutor na experiência de Marie Curie?
- 12 – Que elementos químicos foram descobertos por Marie Curie?
- 13 – Que nome é dado à emissão de energia estudada por Marie Curie?
- 14 – Por que Marie e Pierre começaram a sentir-se mal de saúde?
- 15 – Qual a contribuição de Rutherford no estudo da radioatividade?
- 16 – Qual a contribuição de Rutherford no estudo do átomo?
- 17 – Quem é mais radioativo? O Rádio ou o Urânio?
- 18 – Por que os Curie não quiseram patentear sua descoberta?
- 19 – Como foi descoberta e como era chamada a radioterapia?
- 20 – O que significou o Doutorado de Marie Curie para as mulheres em geral?
- 21 – Que doença afetou os colaboradores dos Curie? Por quê?
- 22 – Quem assumiu as aulas de Física de Pierre após sua morte?
- 23 – Qual a contribuição de Marie Curie na I Guerra Mundial, no campo da medicina?
- 24 – Qual o perfil da personalidade dos Curie quanto às questões políticas e sociais?
- 25 – O que é o Instituto do Rádio?
- 26 – Quem foi Irène Curie?
- 27 – Em que se formou Irène Curie?
- 28 – Qual a principal contribuição de Irène e Frédéric Joliot quanto à estrutura da matéria?
- 29 – Qual a principal contribuição de Irène e Frédéric Joliot quanto à radioatividade?
- 30 – O que é e como foi descoberta a fissão nuclear?
- 31 – Por que Frédéric Joliot parou de publicar os resultados de suas pesquisas a partir de 1939?
- 32 – O que é deutério?
- 33 – O que é reação em cadeia?
- 34 – O que é água pesada?
- 35 – Por que a água pesada e os princípios da reação em cadeia foram escondidos?
- 36 – Com que finalidade foi utilizada, a pilha nuclear?
- 37 – Como a radioatividade permitiu definir a idade da Terra?
- 38 – O que é o prêmio Nobel?
- 39 – O que há de marcante nas relações entre os Curie e o prêmio Nobel?

### Nota ao professor:

Sugerimos que a distribuição de questões para cada aluno seja feita de forma a exigir que o aluno esteja atento durante toda a exibição do vídeo.

4.6 – Após assistir ao vídeo e de posse das perguntas específicas cujas respostas são encontradas diretamente no vídeo, os alunos apresentam as suas respostas à classe, socializando os conhecimentos adquiridos nesta etapa e permitindo uma discussão sobre o material. O objetivo desta atividade é contribuir para que o aluno enriqueça seu vocabulário na utilização da linguagem como forma de expressão de conhecimento.

4.7 – Disponibilizamos um material de apoio ao aluno contendo o conhecimento científico relevante para o ensino médio acerca da radioatividade. No material, destacamos a radioatividade como fenômeno natural, a instabilidade nuclear de alguns isótopos, a natureza das emissões radioativas, as leis de decaimento radioativo, a cinética das desintegrações radioativas, os processos de fissão e fusão nucleares e as principais aplicações da radioatividade.

O material foi utilizado nas aulas de Química e o apresentamos a seguir.

**Material de Apoio ao aluno:**

## **RADIOATIVIDADE**

### **INTRODUÇÃO**



- O que significa este símbolo?
- Qual é a fonte primária de energia para a vida na Terra?
- Do que são constituídas as estrelas?
- Como se formaram os átomos dos elementos químicos que conhecemos?
- Como os arqueólogos conseguem determinar a idade dos fósseis?
- Em que consiste a radioterapia contra o câncer?
- O que faz com que a batata não se estrague rapidamente mesmo fora da geladeira?

A resposta a estas e a tantas outras perguntas passa pelo tema radioatividade e esperamos que após o estudo deste módulo você esteja apto a respondê-las.

### **A RADIOATIVIDADE**

Como tratado no vídeo “O Clã Curie” e no livro “Marie Curie e a Radioatividade”, a radioatividade é um fenômeno que ocorre em núcleos atômicos energeticamente instáveis. Estes núcleos, se comparados com os isótopos estáveis, geralmente possuem elevado número de nêutrons em proporção ao número de prótons. Também se observa que núcleos com elevado número de massa, como no caso dos elementos transurânicos, também tendem a serem instáveis. Em todos os casos, o núcleo possui grande quantidade de energia.

A radioatividade é um fenômeno natural, ao qual estamos expostos, mesmo que em pequenos níveis; porém ela não era conhecida pelo homem até o século XIX. Vimos no vídeo que o conhecimento sobre o assunto foi construído através dos trabalhos de vários pesquisadores como Röntgen, Becquerel, o casal Curie, Rutherford, entre outros em uma época em que pouco se sabia sobre a estrutura atômica da matéria. Hoje

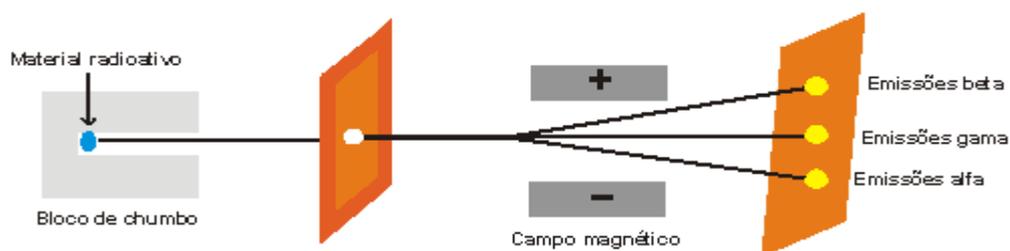
sabemos que, apesar de ser um fenômeno natural, a radioatividade também pode ser induzida artificialmente.

### Para Lembrar:

A radioatividade é um fenômeno natural

## A NATUREZA DAS EMISSÕES RADIOATIVAS

Na desintegração dos átomos radioativos ocorre a emissão de partículas juntamente com uma grande quantidade de energia vindos do núcleo atômico. Ernest Rutherford, antigo aluno de J.J. Thomson, ambos estudiosos da estrutura atômica, foi um dos cientistas que estudou a natureza das emissões radioativas. Sabendo que as emissões radioativas possuíam trajetória retilínea (viajavam em linha reta), Rutherford as fez passar através de um campo elétrico, obtendo os seguintes resultados:



Esquema representativo da experiência de Rutherford. Fonte: [www.profcupido.hpg.ig.com.br/radioatividade](http://www.profcupido.hpg.ig.com.br/radioatividade). Acesso em 20 de dezembro de 2008.

Rutherford, conforme ilustra a figura, percebeu que haviam três tipos de emissões provenientes do isótopo radioativo, uma que era atraída pelo pólo positivo do campo elétrico, outra que era atraída pelo pólo negativo e ainda havia uma que não sofria desvio em sua trajetória, pois não era atraída para nenhum dos dois pólos.

Assim, de acordo com os resultados obtidos por Rutherford e com os trabalhos de outros pesquisadores, como Paul Villard e Becquerel, pôde-se constatar a existência de 3 tipos de emissões, chamadas de  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$ . As partículas  $\alpha$  por serem positivas foram atraídas pela placa negativamente carregada e por possuírem maior massa, sofreram desvio menor em sua trajetória. As partículas  $\beta$ , por serem negativas, foram atraídas pela placa carregada positivamente e, por possuírem menor massa, tiveram maior

desvio. Quanto às radiações  $\gamma$ , por não terem a trajetória desviada, foram consideradas sem carga elétrica.

Assim, as partículas  $\alpha$ , por possuírem maior massa, apesar de alta energia cinética, possuem um baixo poder de penetração nos materiais de um modo geral. As emissões  $\beta$  já são menores e com alta energia cinética, possuem um maior poder de penetração que as  $\alpha$ , e a radiação  $\gamma$ , por ser energia de alta frequência, possui um alto poder de penetração na maioria dos materiais, inclusive nos tecidos vivos, sendo, neste caso, bastante prejudicial à saúde, dependendo da intensidade e do tempo de exposição.

É importante saber que os materiais radioativos podem ser  $\alpha$  ou  $\beta$  emissores, contudo a radiação  $\gamma$  (que não é partícula e sim energia) está presente acompanhando ambos os tipos de emissão.

A tabela a seguir mostra as conclusões a que os cientistas chegaram a respeito da natureza das emissões radioativas:

<b>Emissões</b>	<b>Alfa</b>	<b>Beta</b>	<b>Gama</b>
<b>Representação</b>	${}^4_2\alpha$	${}^0_{-1}\beta$	${}^0_0\gamma$
<b>Características</b>	Formadas por 2 prótons e 2 nêutrons (como um núcleo do átomo de hélio) Possui carga positiva (2+)	Semelhantes a um elétron. Possuem carga elétrica negativa e massa desprezível	São radiações eletromagnéticas semelhantes aos raios X. Não possuem carga elétrica nem massa.
<b>Velocidade</b>	Inicial: variando de 3.000 km/s até 30.000 km/s. Média: aproximadamente 20.000 km/s ou 5% da velocidade da luz.	Inicial: variando de 100.000 km/s a 290.000 km/s. Chegam a atingir 95% da velocidade da luz.	Possuem velocidade igual a da luz, ou seja, aproximadamente 300.000 km/s
<b>Poder de penetração</b>	Pequeno. Podem ser detidas por uma camada de 7 cm de ar, por uma folha de papel ou por uma chapa (lâmina, filme) de alumínio de 0,06 mm.	Médio. São entre 50 e 100 vezes mais penetrantes que as partículas alfa. Podem ser detidas por uma chapa de chumbo de 2 mm ou de alumínio de 1 cm.	Alto. São mais penetrantes que os raios X, pois possuem comprimentos de onda bem menores (maior frequência). Atravessam milhares de metros de ar, até 25 cm de madeira ou 15 cm de aço. São detidas por placas de chumbo com mais de 5 cm de espessura ou por grossas paredes de concreto.
<b>Danos ao ser humano</b>	Pequeno. Quando incidem sobre o corpo humano são detidas pela camada de células mortas da pele, podendo no máximo causar queimaduras.	Médio. Quando incidem sobre o corpo humano, podem penetrar até 2 cm e causar danos sérios, dependendo de alguns fatores, como tempo de exposição.	Alto. Podem atravessar plenamente o corpo humano, causando danos irreparáveis, dependendo de alguns fatores, como tempo de exposição.

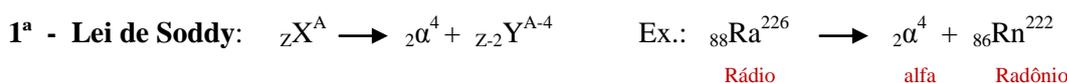
## LEIS DAS DESINTEGRAÇÕES RADIOATIVAS

Conforme já vimos, um núcleo atômico instável emite partículas e energia na busca por estabilidade. Esse processo é chamado transmutação radioativa e ocorre com formação de outro átomo no lugar do átomo inicial, em reações nucleares.

### Para Lembrar:

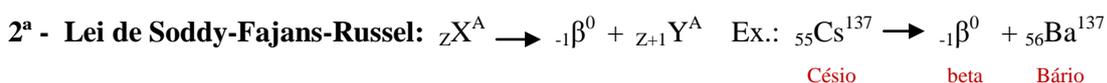
**Transmutação radioativa é o nome dado ao processo em que um átomo se transforma em outro pela emissão de partículas de seu núcleo.**

A emissão de partículas  $\alpha$  geralmente ocorre em átomos com elevado número de massa. Assim, a saída da partícula alfa ( $2p + 2n$ ) favorece uma maior estabilidade ao núcleo que a emitiu, pois diminui o número de massa ( $A$ ).



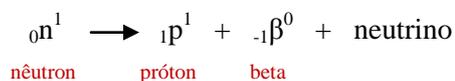
Esta é a primeira lei da radioatividade, enunciada em 1911 por Soddy e diz que quando um átomo radioativo emite uma partícula alfa, seu número atômico diminui em duas unidades (saída de 2 prótons) e seu número de massa diminui em 4 unidades (saída de 2 prótons e 2 nêutrons). Por alterar o número atômico, o átomo é transmutado em outro. No exemplo, Ra forma Rn.

Por outro lado, quando a instabilidade de um núcleo atômico está mais relacionada à proporção entre os números de nêutrons e de prótons, onde o número de neutros é acentuadamente maior, ocorre a saída de uma partícula  $\beta$ .



Esta é a segunda lei da radioatividade, enunciada por Soddy, Fajans e Russel, em 1913. Com a saída da partícula  $\beta$ , um nêutron se converte em um próton fazendo aumentar o número atômico ( $Z$ ) e mantendo constante o número de massa ( $A$ ).

Novamente houve transmutação. O átomo pai, Cs deu origem ao átomo filho Ba. Quando um núcleo radioativo emite uma partícula beta, seu número atômico aumenta uma unidade e seu número de massa permanece constante. Isto ocorre porque a partícula beta é resultante da decomposição de um nêutron, conforme a equação:



Sendo o número atômico o número de prótons, este aumenta 1 (1 próton foi formado) e sendo o número de massa a soma de prótons e nêutrons, este permanece constante (1 próton formado compensa um nêutron decomposto). Para entendermos melhor, precisamos lembrar que prótons, nêutrons e elétrons, não são as únicas partículas subatômicas existentes. Assim, os próprios nêutrons são formados por outras partículas e, por isso, pode sofrer decomposição.

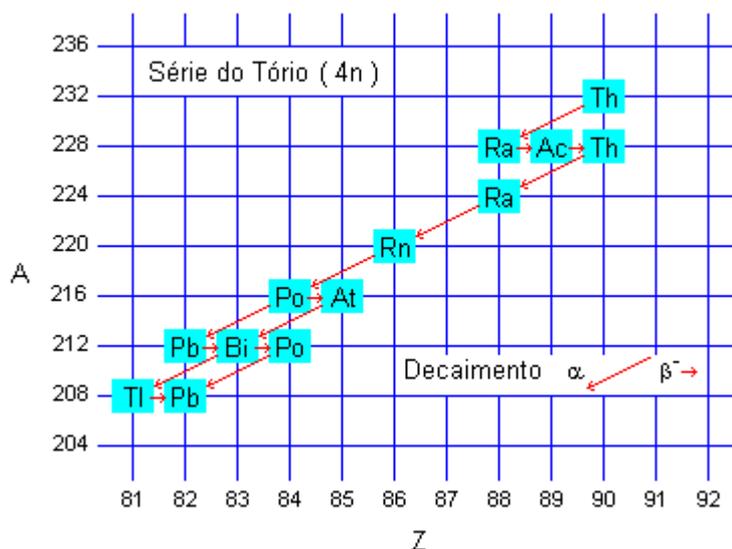
### Para Lembrar:

**Tanto na saída de uma partícula alfa como na de uma partícula beta, há alteração no Z (número atômico), o que configura a transmutação da matéria, pois se o Z é diferente após a emissão, então não temos mais o mesmo átomo de antes.**

Esses processos de emissões podem ocorrer sucessivamente até que se forme um núcleo estável. Ao processo dá-se o nome de decaimento radioativo.

Em uma amostra de material radioativo, o número de átomos radioativos vai diminuindo com o tempo, ao longo do processo de decaimento ou desintegração radioativa. Os átomos formados durante o processo de decaimento radioativo constituem uma família ou série radioativa.

Existem quatro séries radioativas, sendo três naturais e uma artificial, todas terminando em um núcleo estável. Apresentamos, a seguir, a série  $4n$ , natural, também chamada série do Tório:



Série do Thório. Fonte: [www.colegiosaofrancisco.com.br/alfa/fisica-nuclear/imagens/fisica-nuclear16.gif&imgrefurl](http://www.colegiosaofrancisco.com.br/alfa/fisica-nuclear/imagens/fisica-nuclear16.gif&imgrefurl). Acesso em 20 de dezembro de 2008.

Na figura, podemos ver a série de decaimentos iniciada com o Thório radioativo até a formação do chumbo estável, além das mudanças nos números atômico (Z) e de massa (A) ao longo da saída das partículas  $\alpha$  e  $\beta$ .

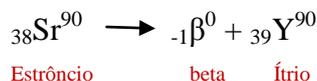
Mas, e quanto à radiação gama? Esta, por não ser uma partícula, mas apenas energia eletromagnética, ao ser emitida pelo núcleo radioativo, não altera nem seu número atômico e nem seu número de massa.

## CINÉTICA DAS DESINTEGRAÇÕES RADIOATIVAS

Compreendido que os átomos com núcleos instáveis atingem a estabilidade através da emissão de partículas e de energia, cabe destacar que cada radioisótopo, ao desintegrar-se, o faz em uma velocidade diferente e isso é uma característica própria de cada isótopo radioativo.

Essa velocidade de desintegração diminui à medida que o número de átomos radioativos de uma amostra diminui, ou seja, as emissões não ocorrem sincronizadas, ao mesmo tempo, para todos os átomos de uma amostra. Por isso é muito difícil calcular quando uma amostra de material radioativo deixa completamente de ser radioativa.

Observe o gráfico abaixo, que representa o decaimento do estrôncio pela emissão de partículas beta, processo que pode ser descrito através da seguinte equação nuclear:



Inicialmente temos uma massa de 10g do isótopo de Sr-90 radioativo. Na medida em que o tempo passa, essa massa vai caindo. Contudo, essa queda não é linear, pois, na medida em que a massa de material radioativo diminui, diminui também a velocidade do decaimento.



Gráfico do decaimento do Sr – 90. Fonte: [www.vestibular.uol.com.br](http://www.vestibular.uol.com.br). Acesso em 20 de dezembro de 2008

Partindo de uma massa inicial de 10g, notamos pelo gráfico que, após 30 anos, esta massa terá reduzido a 5g – metade do valor inicial. Da mesma forma, passados mais 30 anos, ao todo 60, esta massa terá reduzido a 2,5g – metade dos 5g anteriores e, assim, sucessivamente.

Finalmente, analisando o gráfico e a equação, observa-se que o estrôncio produz Ítrio ao emitir uma partícula beta e que, quanto menor a quantidade de estrôncio radioativo, mais tempo leva para que o restante da amostra deixe de existir.

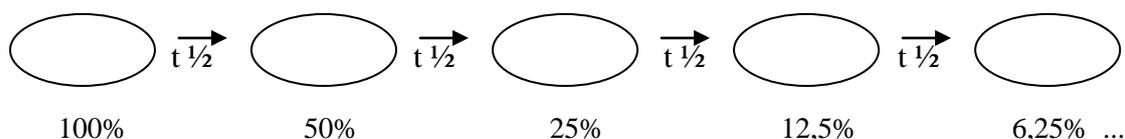
Por isso, calculamos apenas o tempo necessário para que metade da amostra deixe de ser radioativa, este período é chamado de período de meia-vida, período de semi-desintegração ou tempo de meia vida ( $t_{1/2}$ ) e também é diferente para cada radioisótopo podendo variar de fração de segundos a milhares de anos.

Então, a cada período de meia vida, o material radiativo reduz-se à metade (50%) do que havia anteriormente e, assim, sucessivamente.

**Para Lembrar:**

**Tempo de meia-vida ( $t_{1/2}$ ) de um isótopo radioativo é o tempo necessário para que se reduza à metade o número de átomos desse isótopo em uma amostra, por meio de decaimento.**

Ex.: Considere uma amostra de um isótopo radioativo qualquer, representada abaixo:



Inicialmente, temos 100% de átomos radioativos. Passado um período de meia-vida, apenas 50% da amostra permanece radioativa e os outros 50% decaíram alcançando a estabilidade. Ao passar mais um período de meia-vida teremos a metade dos 50% que restaram, ou seja, 25% e, assim, sucessivamente. Observe que, se prosseguirmos nesses cálculos, não chegaremos ao zero, mas estaremos cada vez mais próximos dele.

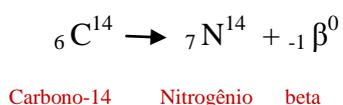
O carbono, por exemplo, tem um isótopo de número de massa 14, que é radioativo e apresenta meia-vida de 5.730 anos. O C-14 se forma em pequenas proporções, a partir do N-14 presente na atmosfera conforme a equação:



A partir daí o carbono-14 radioativo, que na atmosfera tem quantidade praticamente constante, reage com o oxigênio do ar e através de ligações covalentes forma o dióxido de carbono que as plantas absorvem na fotossíntese e, então, entra na cadeia alimentar. Como resultado, todos os seres vivos possuem uma proporção fixa de C-14 (~1 para  $10^{12}$  átomo de carbono-12).

Quando um organismo morre e se fossiliza isto é, não troca o carbono com suas vizinhanças, não ingere e não elimina, cessa o ciclo de renovação deste isótopo no

organismo. Nesse caso, a proporção de C-14 vai diminuir, por decaimento radioativo, segundo a equação:



Por comparação entre os níveis de emissão radioativa entre um ser vivo e um fóssil, é possível estimar a idade do fóssil tendo como referência que a cada 5.730 anos sua intensidade de emissões reduz-se à metade (meia-vida). Assim, isótopos radioativos são usados para determinar a idade de objetos que contenham vestígios de seres vivos conservados.

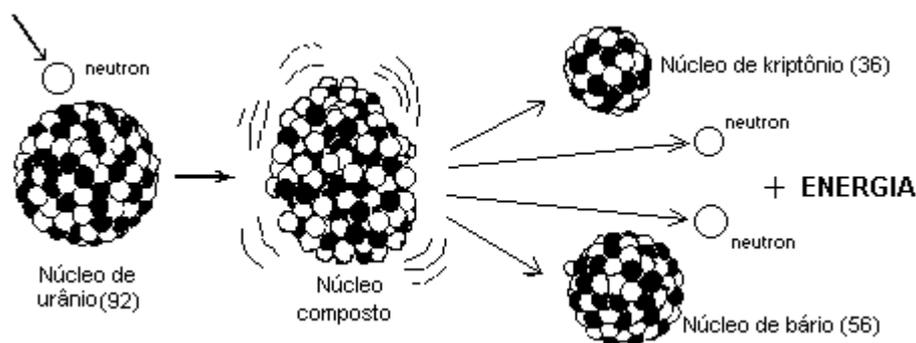
## FISSÃO E FUSÃO NUCLEARES

Outros tipos de reações nucleares ocorrem nos processos denominados de fissão nuclear e fusão nuclear.

### FISSÃO NUCLEAR

No processo de fissão, um núcleo é quebrado em núcleos menores. Este processo tende a ocorrer com núcleos radioativos de números de massa elevados com desprendimento de grande quantidade de energia. Essa energia pode ser utilizada para diversos fins pacíficos, como a produção de energia elétrica, ou destrutivos, como no caso das bombas lançadas sobre Hiroshima e Nagasaki. Como se pode perceber, cabe ao homem a escolha de uso dessa energia.

A reação ocorre em cadeia e, para que o processo de fissão produza quantidades aproveitáveis de energia, esta reação deve ser controlada. O esquema ilustra a reação em cadeia:



Esquema representativo da fissão do Urânio-235. Fonte: [www.seara.ufc.br/donafifi/curiemeitner/fissaotipica.gif](http://www.seara.ufc.br/donafifi/curiemeitner/fissaotipica.gif). Acesso em 20 de dezembro de 2008.

Para manter a reação em cadeia de forma auto-sustentada na produção de energia, é necessário ter uma massa específica de material radioativo fissionável. Essa massa é chamada de *massa crítica* e pode variar de acordo com o material.

### Para Lembrar:

**Fissão nuclear é o processo no qual um núcleo se fragmenta formando núcleos menores e liberando grande quantidade de energia.**

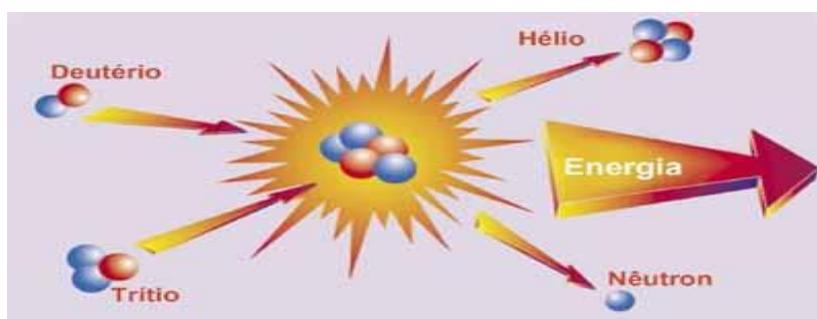
## FUSÃO NUCLEAR

O Sol é uma estrela. A análise espectroscópica da luz solar revelou a presença de 67 dos elementos químicos conhecidos no Sol. Destes, o H e o He são os mais abundantes. A energia solar, como a de qualquer estrela, é gerada no seu núcleo, onde existem as condições necessárias para que o hidrogênio em fusão nuclear forme hélio.

O hidrogênio é o elemento químico que apresenta o átomo mais simples. Em seu núcleo pode haver apenas um próton, um próton e um nêutron ou um próton e dois nêutrons, dependendo do isótopo. O isótopo mais comum do átomo de Hélio é o segundo mais simples, com dois prótons e dois nêutrons. Sendo assim, no Sol, como na maioria das estrelas, núcleos de hidrogênio se unem e formam núcleos de Hélio num processo denominado fusão nuclear que, uma vez iniciado (mediante energia suficiente para compensar a repulsão natural entre os núcleos), libera grande quantidade de energia seguindo em cadeia.

A energia solar é responsável por toda a vida na Terra. A ciência propõe que os elementos químicos naturais tenham se formado nas estrelas através deste processo de fusão nuclear, após o Big-Bang.

Acredita-se que, após o Big-Bang – uma grande explosão que teria dado origem à matéria como a conhecemos – teria ocorrido a formação de partículas subatômicas que, por sua vez, teriam se organizado formando os átomos mais simples. A partir daí, em condições específicas como as encontradas em certas estrelas, tais átomos, através do processo de fusão de seus núcleos, formaram átomos maiores criando a diversidade atômica que existe hoje.



Esquema de reação de fusão nuclear. Fonte: [www.usinfo.state.gov](http://www.usinfo.state.gov). Acesso em 20 de dezembro de 2008

A fusão nuclear ocorre com liberação de energia muito maior do que a liberada na fissão, sendo investigada como uma possível forma de produção de energia controlada. Contudo, o homem ainda não domina uma tecnologia que permita tal feito.

### **Para Lembrar:**

**Fusão nuclear é o processo no qual núcleos menores se fundem formando núcleos maiores e liberando grande quantidade de energia.**

## **ALGUMAS APLICAÇÕES DA ENERGIA NUCLEAR**

Várias podem ser as aplicações da energia nuclear. Quando Marie Curie descobriu o Rádio, recebeu cartas de artistas de teatro que queriam utilizá-lo para iluminar as roupas nos espetáculos. Isso porque os materiais radioativos podem ionizar

o ar. No caso do rádio, essa ionização produz um brilho azulado no ar ao seu redor. Embora ainda não se conhecesse os efeitos da radiação sobre o ser humano, Marie não concordou. Veremos resumidamente algumas aplicações da radioatividade na atualidade.

1 – Pode ser utilizada para diagnosticar doenças, como certos tipos de tumores. Isso pode ser feito utilizando um isótopo radioativo de um material que interaja naturalmente com o órgão a ser investigado. Nesse caso, por ser utilizada uma substância contendo um isótopo radioativo. Esse, ao participar do metabolismo, pode ser monitorado através da energia que emite, permitindo o mapeamento do funcionamento do órgão e a detecção de possíveis problemas. Um exemplo é a cintilografia, na qual radioisótopos são introduzidos no corpo do paciente para mapear o funcionamento de certas vias metabólicas indicando possíveis distúrbios através do monitoramento de suas emissões.

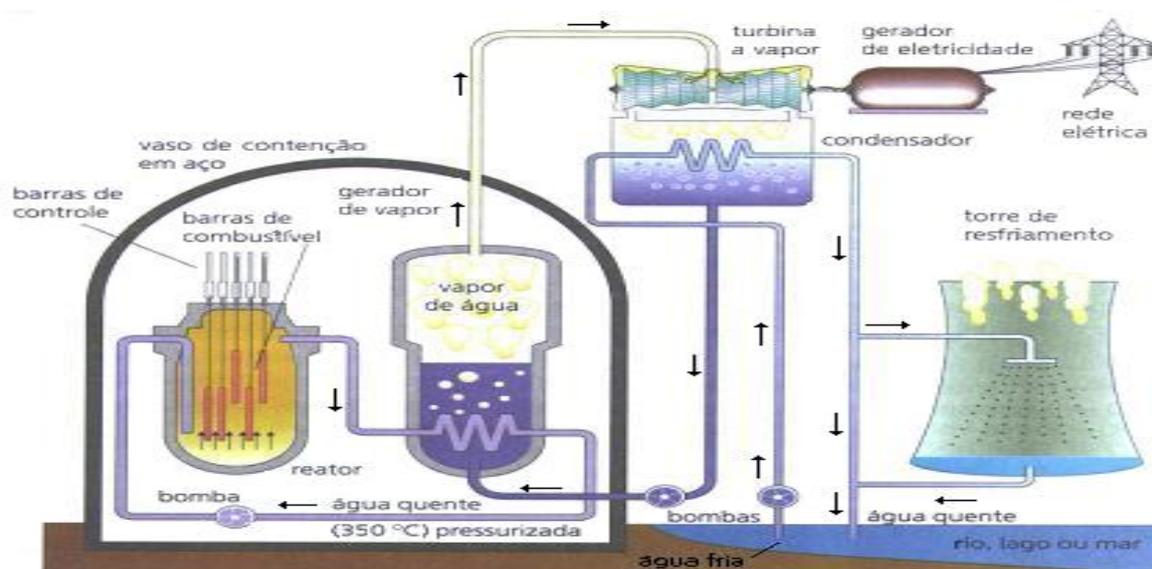
2 – Para combater certos tipos de câncer, se aplicada sobre o tumor. Isso ocorre porque as células são destruídas pela radiação. Uma vez destruídas, as células doentes não podem se multiplicar por divisão celular. Esse tratamento é chamado de radioterapia.

3 – Para irradiar alimentos. Nesse caso, esteriliza o alimento matando microorganismos, evitando sua proliferação, que poderia contribuir para o processo de deterioração do alimento. Sendo feito corretamente, não altera as propriedades organolépticas dos alimentos e não causa danos à saúde, permitindo que o alimento se conserve por mais tempo mesmo sem refrigeração.

4 – Na indústria para esterilização de materiais de laboratório, além de fraldas descartáveis e material hospitalar. Pode ser utilizada para tratar lixo hospitalar e efluentes industriais esterilizando os mesmos para que fiquem livres de agentes causadores de doenças ao serem tratados para que possam ser devolvidos à natureza. Como traçadores, sendo introduzidos em tubulações e maquinário industrial para apontar possíveis rachaduras ou obstruções. Pode também ser usada na produção de novos materiais polímeros, pois altera a estrutura das moléculas formando novos materiais.

5 – Na datação de fósseis ou de derivados vegetais como, por exemplo, tecidos, com Carbono-14, conforme mencionado anteriormente. Para que seja possível proceder à datação com C-14, é necessário que o material tenha até cerca de 50.000 anos. Após esse período, os níveis de emissão passam a ser muito pequenos, impossibilitando uma medida precisa.

6 – Na obtenção de energia nuclear utilizada na produção de energia elétrica em usinas. A energia nuclear é utilizada para aquecer a água, que passa para o estado gasoso. Esse vapor aquece um sistema secundário de água, que também passa para o estado gasoso e gira turbinas transformando energia mecânica em elétrica. O vapor da água do sistema secundário é, a seguir, resfriado por um sistema terciário de água fria (proveniente de rios, mares, etc.) e volta ao estado líquido num processo cíclico. Nas usinas nucleares, é utilizada a fissão nuclear. Analise o esquema:



Esquema de uma usina nuclear. Fonte: [www.fisica.cdcc.sc.usp.br](http://www.fisica.cdcc.sc.usp.br). Acesso em 20 de dezembro de 2008.

É importante lembrar que a questão energética é de fundamental importância para o desenvolvimento de qualquer nação.

Hoje, uma das principais matrizes energéticas mundiais são os combustíveis fósseis, como petróleo e carvão. Contudo, com a expectativa do fim das reservas desses combustíveis e a ameaça do aquecimento global, a energia nuclear volta a figurar como

alternativa na produção de energia. O Brasil conta hoje com duas usinas nucleares (Angra 1 e Angra 2) e o governo aguarda autorização do IBAMA para a construção de Angra 3. O Brasil é rico em reservas de Urânio (combustível para fissão nas usinas nucleares). Os isótopos 235 e 238 do Urânio são radioativos. No entanto, apenas o isótopo 235 do Urânio pode ser fissionado e esse é muito raro na natureza. É preciso, então, enriquecer o Urânio, o que significa adicionar Urânio-235 ao Urânio-238. Essa tecnologia o Brasil ainda não domina totalmente.

Para as usinas nucleares, apenas 3% de U-235 é suficiente no processo de enriquecimento. Já para a produção de bombas nucleares, a quantidade de Urânio-235 necessária chega a mais de 90%. Essa diferença na porcentagem do isótopo 235 que é usada no processo de enriquecimento do Urânio pode ser um indício para organizações internacionais quando há a necessidade de avaliar se um país que enriquece Urânio faz isso com objetivos pacíficos ou não. Como a diferença é grande, não é difícil perceber através dos processos de produção se o enriquecimento está sendo feito com 3% ou com cerca de 90% do U-235.

A energia nuclear é considerada por alguns cientistas, certos governos e até mesmo alguns organismos de proteção ambiental como ecologicamente limpa, pois não envolve queima de combustíveis fósseis, emissão de gases poluentes ou alagamento de grandes áreas como ocorre em outras formas de produção de energia elétrica. Porém, os materiais produzidos na fissão do Urânio são radioativos e atualmente considerados lixo.

O lixo radioativo ou nuclear precisa ser guardado com segurança por muitos anos. Geralmente os resíduos são enterrados e já foram lançados no fundo dos oceanos, o que oferece riscos. O problema do lixo nuclear é muito sério e envolve questões delicadas, como, por exemplo, a exportação deste lixo de países ricos para países pobres. Por isso, muitos questionam quando uma usina nuclear é considerada ecologicamente limpa.

Há, ainda, o risco de acidentes como o ocorrido em Chernobyl, na antiga União Soviética, onde houve um superaquecimento em um reator que explodiu, espalhando uma grande quantidade de material radioativo por boa parte da Europa e matando centenas de pessoas.

Além dos acidentes em usinas nucleares, outros incidentes já ocorreram envolvendo energia nuclear, como os efeitos das bombas lançadas sobre o Japão, ao final da II Grande Guerra Mundial, e dos testes nucleares. Como consequência, criou-se,

ao longo dos tempos, um grande receio coletivo da população mundial com relação à radioatividade. Por isso, é muito importante conhecer o que é radioatividade e como ela influencia nossa sociedade para sermos capazes de fazer opções e assumir posicionamentos quanto às suas diversas formas de aplicação, sobretudo nos dias de hoje, em que ela volta a figurar como fonte promissora na produção mundial de energia para um futuro próximo.

## CONCLUINDO

Como vimos, a radioatividade é um fenômeno natural em que núcleos atômicos instáveis liberam partículas e energia para que possa vir a alcançar estabilidade. Nesse processo, ocorre transmutação, ou seja, um núcleo transforma-se em outro pela emissão de partículas, pois esse processo envolve mudança no número atômico (A).

Além da energia emitida por materiais radioativos, existem processos em que energia semelhante é liberada, como ocorre com os aparelhos de raios-X, que não utilizam material radioativo, mas que emitem energia semelhante. A radioatividade pressupõe um núcleo atômico instável, de onde é emitida energia, ou seja, a energia é emitida do núcleo do átomo. Em aparelhos de raios-X, o que ocorre é a incidência de energia elétrica sobre uma superfície metálica que, excitada – em estado mais energético –, emite energia.

Isso significa que não há material radioativo no aparelho de raios-X. Esses, se desligados da tomada ou de qualquer outra fonte de energia, não emitirão radiação, ou, se forem abertos, não oferecerão risco de contaminação radiológica ao ambiente, pois não há material radioativo em seu interior.

Para alertar às pessoas quanto à presença desse tipo de energia no ambiente, tanto proveniente de material radioativo quanto proveniente de raios-X, em quantidades que possam ser prejudiciais à saúde, o pictograma do início do texto é utilizado. Nele, vemos um trifólio preto em fundo amarelo. Contudo, acidentes ocorreram em situações em que pessoas manipularam material radioativo sem conhecer seus riscos, mesmo com a presença do pictograma. Por isso, um novo símbolo foi desenvolvido com o intuito de mostrar mais claramente os riscos. Este novo pictograma é apresentado a seguir:



Pictograma que indica presença de radiações ionizantes. Fonte: [www.cnen.gov.br](http://www.cnen.gov.br). Acesso em 20 de dezembro de 2008.

### **Para Lembrar:**

**Pessoas que manipulam material radioativo ou que trabalham em situações de exposição às radiações precisam se proteger adequadamente e passar por processos periódicos de avaliação de contaminação.**

Agora é a sua vez. Teste seus conhecimentos respondendo às questões iniciais.

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

FARIAS, Robson Fernandes. A química do tempo: Carbono-14. In: *Química Nova na Escola*. n. 16, nov. 2002

XAVIER, Allan Moreira et al. Marcos da história da radioatividade e tendências atuais. In: *Química Nova*. São Paulo, v 30, n. 1, jan/fev. 2007.

Sites:

[www.comciencia.br/reportagens/nuclear](http://www.comciencia.br/reportagens/nuclear)

[www.nutriweb.org.br/n0202/irradiados.htm](http://www.nutriweb.org.br/n0202/irradiados.htm).

4.8 – Nessa etapa, solicitamos aos alunos a elaboração de um seminário. Para tanto, os alunos são organizados em grupos de seis, e um tema é sorteado para cada grupo. Os temas propostos são:

- 1 - a influência do contexto histórico, filosófico e social na descoberta da radioatividade;
- 2 - a mulher na comunidade científica (o exemplo Marie Curie);
- 3 - aplicações da radioatividade na medicina e na produção de energia (história e perspectivas);
- 4 - aplicações da radioatividade nos processos de datação, irradiação de alimentos e indústria (história e perspectivas);
- 5 - acidentes radioativos (causas e conseqüências);
- 6 - a radioatividade e o mercado de trabalho (histórico e tendências):

Além dos temas sugeridos, é interessante permitir aos alunos que também sugiram outros temas de interesse.

Para auxiliar os alunos na elaboração dos seminários, organizamos um material escrito com as orientações necessárias. Nessas orientações, são sugeridas fontes de consulta e definidos os critérios de apresentação e avaliação dos trabalhos.

**Orientações aos Alunos:****Orientações para elaboração dos seminários****PROJETO: A RADIOATIVIDADE EM UM CONTEXTO CULTURAL**

**ALVO:** 2<sup>os</sup> anos

**Disciplinas envolvidas:** Filosofia, História, Sociologia e Química

**1) Justificativa:** O ensino fragmentado da Ciência, da História, da Filosofia e da Sociologia contribuem para que o educando crie uma visão dogmática da ciência. Essa visão desvincula a Ciência dos processos sociais e descaracteriza o processo de construção humana através do qual se dá a produção do conhecimento científico. Porém, tal conhecimento é resultado de um processo de construção humana. Sendo assim, subjacente à produção científica está o contexto sócio-cultural em que esta ocorre. Por isso, não é possível que o ensino de ciências não leve em conta os fatores históricos, culturais, sociais, econômicos, etc, que são inerentes às atividades humanas.

**2) Objetivos educacionais:** O presente projeto tem por objetivo favorecer a aprendizagem do tema Radioatividade de forma integrada aos aspectos culturais inerentes aos processos de construção e aplicação dos conhecimentos científicos, através da valorização e articulação dos aspectos históricos, filosóficos e sociológicos envolvidos em tais processos. Espera-se que, ao final do projeto, os alunos sejam capazes de:

- compreender a atividade científica como atividade humana e coletiva;
- relacionar as descobertas científicas às demandas sociais e ao contexto em que ocorreram;
- compreender a utilização dos produtos do avanço científico como fator de mudança dos hábitos sociais;
- compreender as relações entre conhecimento científico-tecnológico e responsabilidade social;
- entender o processo de inclusão da mulher na comunidade científica;

- reconhecer a presença de processos ligados à radioatividade em seu cotidiano;
- utilizar a simbologia própria da ciência para comunicar e interpretar dados relacionados ao tema;
- interpretar adequadamente textos específicos e informações da mídia em geral referentes ao tema;
- avaliar riscos e benefícios na utilização de processos radioativos em suas diferentes aplicações;
- resolver problemas utilizando os conceitos de decaimento radioativo, meia-vida, fissão e fusão nucleares;
- articular a utilização da energia envolvida nos processos nucleares com os cuidados de sustentabilidade ambiental;
- reconhecer a existência de mercado de trabalho relacionado à utilização da radioatividade em diversas áreas.

### **3) Orientações sobre os seminários:**

- Os alunos serão divididos em grupos de cerca de seis alunos e trabalharão na produção e apresentação de seminários com os seguintes temas a serem sorteados entre os grupos:

#### **1 - a influência do contexto histórico, filosófico e social na produção dos conhecimentos acerca da radioatividade**

Falar sobre os principais filósofos da ciência destacando suas principais idéias. Abordar o contexto histórico e cultural da época das principais descobertas e mostrar como isso influenciou nos trabalhos científicos produzidos.

Sugestão de fonte de pesquisa:

- *Marcos da história da radioatividade e tendências atuais*, revista, Allan Moreira Xavier et al.; revista Química Nova, v. 30, n. 1, São Paulo, jan/fev. 2007 (disponível em [www.quimicanova.sbq.org.br](http://www.quimicanova.sbq.org.br))
- [www.comciencia.br/reportagens/nuclear](http://www.comciencia.br/reportagens/nuclear)
- *Fundamentos da filosofia, História e grandes temas*, Gilberto Cotrin, Editora Saraiva;

- *Pensar a Ciência*, Eloi Correa dos Santos, disponível em [www.formacaosolidaria.org.br/livros/filosofia\\_livro\\_didatico\\_publico/filosofia\\_da\\_ciencia/pensar\\_a\\_ciencia.pdf](http://www.formacaosolidaria.org.br/livros/filosofia_livro_didatico_publico/filosofia_da_ciencia/pensar_a_ciencia.pdf)

## **2 - a mulher na comunidade científica (o exemplo Marie Curie)**

Como a mulher era vista na sociedade européia? Qual era o seu papel na sociedade? Como Marie Curie influenciou a questão de gênero em sua época? Que outras mulheres, a exemplo de Marie Curie, tiveram papel de destaque no empenho pela igualdade entre gêneros? Qual é a relação atual entre pesquisadores homens e mulheres no campo científico e tecnológico?

Sugestão de fonte de pesquisa:

- *As mulheres e o prêmio Nobel de Química*, Robson Fernandes de Farias, revista Química Nova na Escola, número 14, nov.2001 (disponível em CD-ROM e no site [www.s bq.org.br/portal2/qnec.htm](http://www.s bq.org.br/portal2/qnec.htm))

## **3 - aplicações da radioatividade na medicina e na produção de energia (história e perspectivas)**

Uso da radioatividade na medicina em tratamento e diagnóstico (panorama sócio, cultural e tecnológico). A produção de energia elétrica (funcionamento de uma usina nuclear e o problema do lixo nuclear. Novas perspectivas da utilização da radioatividade nestas áreas.

Sugestão de fonte de pesquisa:

- *Marcos da história da radioatividade e tendências atuais*, revista, Allan Moreira Xavier et al., revista Química Nova, v. 30, n. 1, São Paulo, jan/fev. 2007 (disponível em [www.quimicanova.s bq.org.br](http://www.quimicanova.s bq.org.br))
- [www.comciencia.br/reportagens/nuclear](http://www.comciencia.br/reportagens/nuclear)

## **4 - aplicações da radioatividade nos processos de datação, irradiação de alimentos e indústria (história e perspectivas)**

Falar sobre cada um dos processos explicando em que se baseiam, como surgiram e como tendem a evoluir. Abordar a questão histórica e social. Qual o impacto dessas técnicas nas questões históricas e sociais?

Sugestão de fonte de pesquisa:

- *Marcos da história da radioatividade e tendências atuais*, revista, Allan Moreira Xavier et al., revista Química Nova, v. 30, n. 1, São Paulo, jan/fev. 2007 (pode ser acessada em [www.quimicanova.sbq.org.br](http://www.quimicanova.sbq.org.br))
- *A química do tempo: Carbono-14*, Robson Fernandes de Farias, revista Química Nova na escola, n. 16, nov. de 2002 (disponível em [www.sbq.org.br/portal2/qnec.htm](http://www.sbq.org.br/portal2/qnec.htm))
- [www.comciencia.br/reportagens/nuclear](http://www.comciencia.br/reportagens/nuclear)

### **5 - acidentes radioativos (causas e conseqüências)**

Abordar os principais acidentes radioativos ocorridos no mundo (podem ser incluídas as bombas sobre o Japão). Apresentar as conseqüências (sociais, políticas, psicológicas, ambientais, etc) dos acidentes abordados.

Sugestão de fonte de pesquisa:

- *Marcos da história da radioatividade e tendências atuais*, revista, Allan Moreira Xavier et al., revista Química Nova, v. 30, n. 1, São Paulo, jan/fev. 2007 (pode ser acessada em [www.quimicanova.sbq.org.br](http://www.quimicanova.sbq.org.br))
- [www.comciencia.br/reportagens/nuclear](http://www.comciencia.br/reportagens/nuclear)
- *Autos de Goiânia*, suplemento da revista Ciência Hoje, n. 40, mar. 1988

### **6 - a radioatividade e o mercado de trabalho (histórico e tendências)**

Abordar os cursos técnicos em diferentes níveis ligados de forma direta ou indireta ao uso da radioatividade em diferentes áreas.

Sugestão de fonte de pesquisa:

- CETRE do Brasil, empresa que atua na área de treinamento e assessoria técnica na área de radioproteção ([www.cetre.com.br](http://www.cetre.com.br))
- Curso superior em radiologia da Famesp, informações disponíveis em: [www.famesp.com.br/curso\\_radiologia.aspx?gclid=CNrA7-m00pcCFQUWGgod0G4PDA](http://www.famesp.com.br/curso_radiologia.aspx?gclid=CNrA7-m00pcCFQUWGgod0G4PDA)

OBS.: o vídeo *O Clã Curie* e o paradidático *Marie Curie e a Radioatividade* também são referências para a produção dos seminários, assim como o site da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) - [www.cnen.gov.br](http://www.cnen.gov.br).

## **METODOLOGIA**

- o professor deve informar ao aluno:
  - o tempo disponível para apresentação dos seminários;
  - a forma de apresentação;
  - a necessidade ou não de disponibilização de resumos, confecção de painéis, indicação de fontes de pesquisa utilizadas, etc;
  - os critérios de avaliação;
  - as exigências quanto a itens considerados prioritários a constarem no trabalho.

### **Considerações gerais para apresentação dos seminários:**

O professor deverá suprir o aluno com o maior número possível de informações práticas que os ajude a realizar um bom trabalho. Vale lembrar que dicas que podem parecer óbvias aos professores podem não o ser para os alunos. Algumas dicas importantes podem ser as seguintes.

1. Organização, entrosamento do grupo, pontualidade. Procure começar e terminar sua apresentação no período marcado. Procure saber sobre todo o conteúdo a ser apresentado e não apenas sobre uma pequena parte (a sua parte), pois imprevistos acontecem e o grupo precisa estar preparado.
2. Criatividade. Use de estratégias inovadoras sempre que for possível.
3. Domínio do tema. É importante ter domínio do assunto de uma forma abrangente para que se possa fazer uma abordagem contextualizada do tema. Lembre-se de que se trata de um projeto interdisciplinar e procure expor seu tema sempre inserido em um contexto maior. Evite a leitura de textos. Utilize uma ficha com os principais tópicos sobre o que vai falar e organize esses tópicos na mesma seqüência em que eles serão apresentados durante o seminário. Isso o ajudará caso se esqueça de alguma coisa e evitará a leituras extensas. Evite utilizar fontes de consulta

que não sejam confiáveis, evitando, por exemplo, buscar informações em certos sites da Internet, pois muitas vezes não é possível garantir a veracidade das informações.

4. Painel (conteúdo, criatividade e estética). Procure fazer margem no painel, bem como utilizar letras de tamanho compatível, principalmente em títulos e subtítulos. Utilize cores que contrastem, facilitando a visualização. Procure colocar no painel as idéias principais acerca do seu trabalho.

5. Adequação da linguagem. Ao apresentar seu seminário, evite a utilização de gírias. Evite repetir muitas vezes a mesma palavra.

6. Material (resumo do tema) escrito para o professor e a turma. Evite criar uma “colcha de retalhos”, interligando textos copiados de diferentes fontes e também evite copiar todo o texto de uma única fonte. Procure redigir seu próprio texto com coerência, concordância e clareza. Se for necessário citar um parágrafo ou uma frase, coloque-as entre aspas e cite a referência. Todas as referências utilizadas para consulta devem constar no material.

### *Nota ao professor:*

Em nossa experiência, consideramos desejável que os seminários sejam apresentados na presença de todos os professores envolvidos e da turma. A estratégia de apresentação de seminário tem por objetivo promover um espaço em que o aluno tenha a oportunidade de articular de forma crítica e coerente, do ponto de vista das disciplinas envolvidas, os conteúdos trabalhados ao longo das diversas etapas dessa proposta de ensino.

4.9 – A Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) disponibiliza funcionários da área técnica para a realização de palestras nas escolas. Tal palestra costuma durar cerca de duas horas e pode ser divididas em dois períodos de uma hora, com intervalo, incluindo espaço para perguntas realizadas pelos alunos.

Para promover uma melhor compreensão das relações CTS, é interessante permitir ao aluno ter contato com a área técnica, o que pode ocorrer por meio de uma palestra na escola. Em nossa experiência, optamos por sua ocorrência antes da preparação dos seminários.

Com a palestra, procuramos, mais uma vez, diversificar as fontes de contato do aluno com o tema proposto, fugindo de trabalhar apenas com o livro didático e com o quadro e giz (MOREIRA, 2005).

Também objetivamos proporcionar aos alunos a oportunidade de relacionar o conhecimento escolar aos processos sociais, bem como propiciar a oportunidade de negociar significados e articular o conhecimento por meio da linguagem, expressando seus pensamentos e suas concepções.

Ressaltamos, ainda, que, em contato prévio com a CNEN, é possível especificar os assuntos de interesse na palestra para que essa seja direcionada de acordo com o planejamento do professor.

A CNEN também disponibiliza em sua *homepage* uma série de apostilas educativas que se adaptam aos conteúdos químicos do ensino médio. Tais apostilas podem ser consultadas online ou o arquivo pode ser baixado ou impresso, constituindo uma fonte segura de informações tanto para professores quanto para alunos.

No DF, o conteúdo da palestra dividiu-se em dois blocos. No primeiro, a palestrante fez uma explanação sobre a produção do conhecimento científico relacionado à radioatividade, destacando os principais personagens e fatos envolvidos. Ainda durante o primeiro bloco, foram expostas questões referentes às emissões radioativas, meia-vida, diferenças entre raios X e materiais radioativos e aos processos de fissão e fusão nucleares, extração e enriquecimento de Urânio e o funcionamento de usinas nucleares do tipo PWR (Pressurised Water Reactor), os quais possuem reatores à base de água pressurizada. Além disso, foi explicitado o trabalho da CNEN na concessão de licenças, fiscalização de instalações e atendimento a chamados de emergência em atuação e acidentes.

No segundo bloco, foram tratadas as questões relacionadas às aplicações da radioatividade, destacando-se a datação de fósseis e rochas, os processos industriais, os

procedimentos médicos, além dos maiores acidentes radiológicos e nucleares e os principais procedimentos de descontaminação radioativa.

A CNEN mantém escritórios em várias cidades, cujos endereços podem ser encontrados no site [www.cnem.gov.br](http://www.cnem.gov.br).

Uma descrição mais detalhada do conteúdo da palestra pode ser vista no item 8 (Texto de apoio ao professor).

4.10 – Atividades avaliativas podem ser realizadas durante o desenvolvimento desta proposta com a finalidade de diagnosticar o andamento do processo de ensino-aprendizagem, a critério do professor.

### *Nota ao professor:*

Sugerimos a criação de avaliações temáticas em que o aluno articule os conhecimentos químicos ao contexto histórico, social, cultural e econômico, de forma que as avaliações estejam de acordo com a proposta de trabalho, apresentando-se como parte dela e não como uma atividade isolada das demais.

4.11 – Apresentação dos seminários.

## 5 – Sugestão de Cronograma de atividades

Etapa da Proposta	Atividade	Descrição	Número da aula	Observações
Etapa I	Seleção de materiais	Embora apresentemos diversos materiais, é possível que o professor deseje utilizar outros materiais.		Existem, por exemplo, quatro aulas interativas sobre o tema disponibilizadas pelo RIVED em <a href="http://www.rived.mec.gov.br">www.rived.mec.gov.br</a> .
Etapa II	Apresentação da proposta e convite aos professores	Apresentação da proposta aos professores das demais disciplinas e convite aos mesmos para participação na execução dos trabalhos.		Esta etapa pode ser feita em uma coordenação pedagógica.
Etapa III	Questões iniciais	Questões fornecidas aos alunos com o objetivo de identificar suas concepções sobre a radioatividade.	Aula 1	Após os alunos responderem às questões, é interessante continuar a discutir as mesmas questões em conjunto, para que os alunos possam verbalizar suas concepções.
Etapa IV	Solicitação de leitura do livro	Indicar aos alunos o livro a ser lido e estabelecer o prazo para sua leitura. Este prazo pode variar entre 2 ou 3 semanas.	Aula 1	Pode ser feito contato com a editora, objetivando a venda do livro na escola, por consignação. Assim, o material sai mais barato para os alunos. O contato pode ser feito pelo site <a href="http://www.scipione.com.br">www.scipione.com.br</a> .
Etapa V	Exibição do vídeo	Os alunos deverão assistir ao vídeo de posse das questões. É interessante que as questões não sejam seqüenciadas, exigindo atenção dos alunos durante toda a exibição.	Aula 2	Em caso de várias turmas atendidas pelo professor, é possível montar um cronograma utilizando as aulas dos demais professores participantes do projeto. O professor pode disponibilizar cópias do vídeo para os alunos faltosos.
Etapa VI	Socialização das questões do vídeo	Debate com os alunos sobre as respostas dadas às questões propostas sobre o vídeo.	Aula 3	O professor poderá atribuir pontuação a esta atividade e solicitar um relatório dos alunos faltosos.
Etapa VII	Aulas expositivas	Utilizando a apostila de apoio, o professor pode, sempre de forma articulada ao vídeo e ao paradiático, apresentar os conceitos químicos pertinentes. O pro-	Aulas 4 a 10	O professor também pode utilizar outros materiais de apoio, como textos de livros didáticos ou as apostilas educativas da CNEN, disponíveis em <a href="http://www.cnen.gov.br">www.cnen.gov.br</a> .

		fessor pode fazer transparências das figuras do anexo 1.		
Etapa VIII	Proposição dos seminários	Divisão dos grupos e orientações sobre a confecção dos seminários. É interessante que as orientações sejam fornecidas por escrito aos alunos. Pode ser utilizado o modelo disponível no apêndice 3.	Aula 11	É interessante permitir que os alunos opinem quanto a outros temas e quanto à forma de apresentação dos trabalhos. Também é interessante trabalhar com auto-avaliação para conscientizar aos alunos de sua responsabilidade quanto aos seus estudos e para favorecer um maior comprometimento dos componentes dos grupos com o trabalho.
Etapa X	Palestra técnica	Promoção de uma palestra técnica com funcionário da CNEN.	Aulas 12 e 13	Os contatos da CNEN foram disponibilizados no item IX do detalhamento da proposta. Caso seja inviável a realização da palestra, esta pode ser substituída por visitas a instalações médicas ou industriais que façam uso da radioatividade, por aula expositiva, apresentação de slides, filmes ou outro recurso. Caso a palestra seja ministrada para várias turmas, é necessário um agendamento prévio com os demais professores da escola, para utilização de horário comum e a disponibilidade de um local como um auditório.
Etapa XI	Apresentação dos seminários	Os alunos deverão apresentar aos professores envolvidos e aos demais colegas um seminário sobre o tema escolhido ou sorteado.	Aulas 14, 15 e 16	Sugerimos a apresentação de dois seminários por aula. Sugerimos também que os alunos façam um resumo escrito dos temas tratados para os demais colegas da turma.

## 6 – Texto de Apoio ao professor – Conteúdo da palestra.

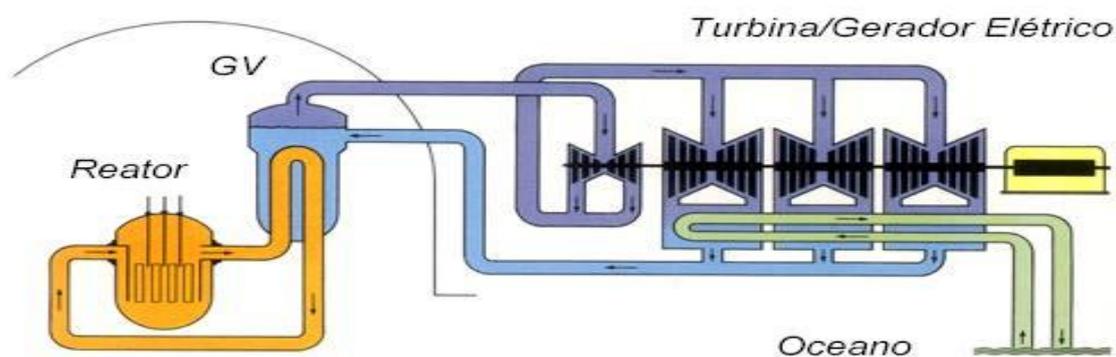
Uma vez que possa não ser viável por qualquer razão a execução da palestra da CNEN na escola, consideramos relevante a apresentação das informações de ordem mais técnica presentes na palestra para que o professor possa suprir a demanda por tais informações de outra forma.

**Reatores PWR:** Os reatores do tipo PWR são reatores onde a energia liberada na fissão do Urânio enriquecido (3% do U-235, físsil) gera energia elétrica. Esse processo ocorre em três circuitos distintos:

**Circuito Primário:** Neste circuito, a energia térmica gerada na fissão aquece a água sob alta pressão do circuito. Devido à pressão, esta água não entra em ebulição.

**Circuito Secundário:** A água pressurizada do circuito primário aquece a água presente no circuito secundário que, passando para a forma de vapor faz girar uma turbina que, por sua vez, gera eletricidade.

**Circuito Terciário:** Este circuito contém água retirada do ambiente – no caso de Angra, a água é retirada do oceano – que resfria o vapor gerado por aquecimento da água do circuito secundário, para que o ciclo possa ser reiniciado. A água de resfriamento do circuito terciário é devolvida ao ambiente.



Fonte: <http://www.fem.unicamp.br/~em313/paginas/nuclear/angra2-2.jpg>. Acesso em 20 de dezembro de 2008.

Na imagem acima, podemos ver o circuito primário em laranja, o circuito secundário em azul e o circuito terciário em verde.

Algumas considerações ambientais:

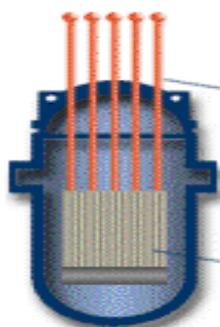
- A água que é devolvida ao ambiente tem a temperatura elevada, o que pode alterar a solubilidade do oxigênio na água do mar onde é lançada, provocando o afastamento de determinadas espécies marinhas da região onde a água está aquecida.

- Há vários sistemas de segurança em usinas desse tipo, entre elas: uma parede de contenção de concreto com cerca de 60 cm de espessura que visa impedir o vazamento de material radioativo do interior do reator em caso de acidentes. Barras de cádmio controlam a reação em cadeia de fissão nuclear, pois capturam os nêutrons que iniciam e mantêm o processo ao se chocarem contra os núcleos de Urânios. Tais barras de cádmio podem ser introduzidas ou removidas eletronicamente do interior do reator controlando a quantidade de nêutrons disponíveis e, conseqüentemente, a reação de fissão nuclear.



No caso da usina nuclear de Angra 2, o prédio de contenção é circular.

Fonte: <http://www.eletronuclear.gov.br/imagens/uploads/Image/angra.jpg>. Acesso em 20 de dezembro de 2008.



barras de controle  
elemento combustível

As barras de cádmio podem ser vistas em laranja no desenho ao lado e servem para controlar a quantidade de nêutrons livres no interior do reator.

Fonte: [http://www.cnem.gov.br/imagens/ensino/energ\\_nuc/barras\\_controle.gif](http://www.cnem.gov.br/imagens/ensino/energ_nuc/barras_controle.gif). Acesso em 20 de dezembro de 2008.

- Dentro do reator, o Urânio está presente na forma de pastilhas de dióxido de Urânio, que por sua vez são acondicionadas nos chamados elementos combustíveis: recipientes feitos com uma liga de aço especial chamada zircaloy. Angra 1 usa 121 pastilhas de Urânio enriquecido e Angra 2 usa 193 pastilhas. Um terço dessas pastilhas é trocado a cada 12 ou 15 meses, gerando um volume de cerca de 1000 m<sup>3</sup> de resíduos durante toda a vida útil da usina, cerca de 40 anos.



Pastilhas de dióxido de Urânio utilizadas nos reatores nucleares PWR, como os de Angra 1 e 2.

Fonte: [http://www.revistafatorbrasil.com.br/imagens/fotos/pastilha\\_uranio](http://www.revistafatorbrasil.com.br/imagens/fotos/pastilha_uranio). Acesso em 20 de dezembro de 2008.



Elemento combustível em que são acondicionadas as pastilhas de Urânio.

Fonte: [http://www.midiacon.com.br/imgNoticias/2008/Mai/09/empresas090502\\_gd.jpg](http://www.midiacon.com.br/imgNoticias/2008/Mai/09/empresas090502_gd.jpg). Acesso em 20 de dezembro de 2008.

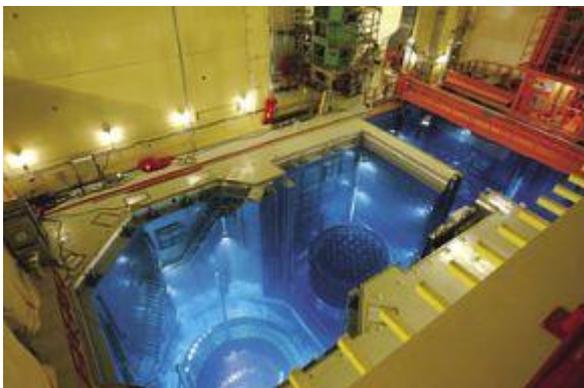
- Os resíduos radioativos gerados nas usinas são classificados em alta atividade, média atividade e baixa atividade. Os resíduos de baixa e média atividade são guardados em tambores nas dependências das usinas e são constituídos de roupas e ferramentas contaminadas, por exemplo, e podem ser reutilizadas ou tratadas como lixo comum com o tempo, quando os níveis de radiação atingem níveis considerados não nocivos ao ambiente.



Depósito de resíduos de baixa atividade.

Fonte: [http://bp2.blogger.com/\\_3JYbYcphG1M/RvUuCFWPNNI/AAAAAAAAA0/Rr3w2BeRfDs/s1600-h/unsina4.bmp](http://bp2.blogger.com/_3JYbYcphG1M/RvUuCFWPNNI/AAAAAAAAA0/Rr3w2BeRfDs/s1600-h/unsina4.bmp). Acesso em 20 de dezembro de 2008.

Os resíduos de alta atividade, subprodutos da fissão e peças substituídas do reator, ficam guardados em piscinas onde a água serve de blindagem para possíveis vazamentos radioativos nas dependências das usinas – no caso de Angra.



Piscina onde são colocados os resíduos de alta atividade.

Fonte: <http://www.ipen.br/conteudo/upload/200703141111190.rpfp13032007.jpg>. Acesso em 20 de dezembro de 2008.

- Apesar da produção de um lixo que tem que ser mantido sob vigilância durante muitos anos, a energia nuclear é considerada uma energia “limpa” por pesquisadores e alguns ambientalistas do ponto de vista da não emissão de materiais nocivos ao ambiente. Contudo, esta designação tem sofrido críticas principalmente devido ao fato de parte do resíduo de alta atividade estar sendo comercializado ilegalmente para a produção das chamadas “armas nucleares sujas”<sup>44</sup>, em que material radioativo é espalhado pela detonação de explosivos químicos comuns, causando grandes danos aos seres humanos e ao meio-ambiente.

**Irradiação de alimentos:** Desde 1950, estudos têm mostrado que a irradiação de alimentos tem permitido diminuir a incidência de intoxicações alimentares, por inibir o brotamento de raízes e tubérculos, desinfetar frutos, vegetais e grãos, atrasar a decomposição dos alimentos, eliminar organismos patogênicos e aumentar o tempo de prateleira de certas carnes, frutos do mar, frutas e sucos. Contudo, nem todos os alimentos podem ser irradiados, pois alguns têm propriedades organolépticas alteradas devido à irradiação. O leite é um exemplo de alimento que não pode ser irradiado.

Em setembro de 1997, a Organização Mundial de Saúde aprovou e recomendou a irradiação de alimentos, em doses que não comprometam as características organolépticas dos alimentos, sem necessidades de testes toxicológicos.

---

<sup>44</sup>Termo extraído de: SOUZA-BARROS, F. A banalização das armas nucleares. In: **Ciência Hoje**, n. 250, v. 42, jul. 2008, p. 69-71.

A fonte utilizada para irradiação de alimentos é o Co-60, cujo período de meia-vida é de 5,3 anos. Os alimentos a serem irradiados passam por uma câmara de irradiação através de esteiras. Tais produtos não se tornam radioativos após a irradiação.

No Brasil, existe legislação sobre alimentos irradiados desde 1985, mas poucas empresas se dedicam a esta atividade, estando as existentes localizadas no Estado de São Paulo.



A figura mostra um grupo de alimentos irradiados e outro de alimentos não irradiados, para comparação de seu estado de conservação.

Fonte: [http://www.terra.com.br/istoe/1665/fotos/81\\_frutas.jpg](http://www.terra.com.br/istoe/1665/fotos/81_frutas.jpg). Acesso em 20 de dezembro de 2008.

**Aplicações industriais:** A utilização de radioisótopos na indústria se torna importante na medida em que se aplica a diversas áreas diferentes. Podemos citar como principais aplicações: a radioesterilização, utilizada desde a fabricação de materiais de laboratório e hospitalares às fraldas descartáveis; análises da composição química de pedras preciosas; desenvolvimento de detectores e sensores como os utilizados para o engarrafamento de líquidos em indústrias de refrigerantes – as garrafas são cheias até o acionamento de um sensor radioativo que denuncia o volume de líquido desejado; desenvolvimento de novos polímeros por meio de modificações na estrutura molecular induzidas pela utilização da radiação.

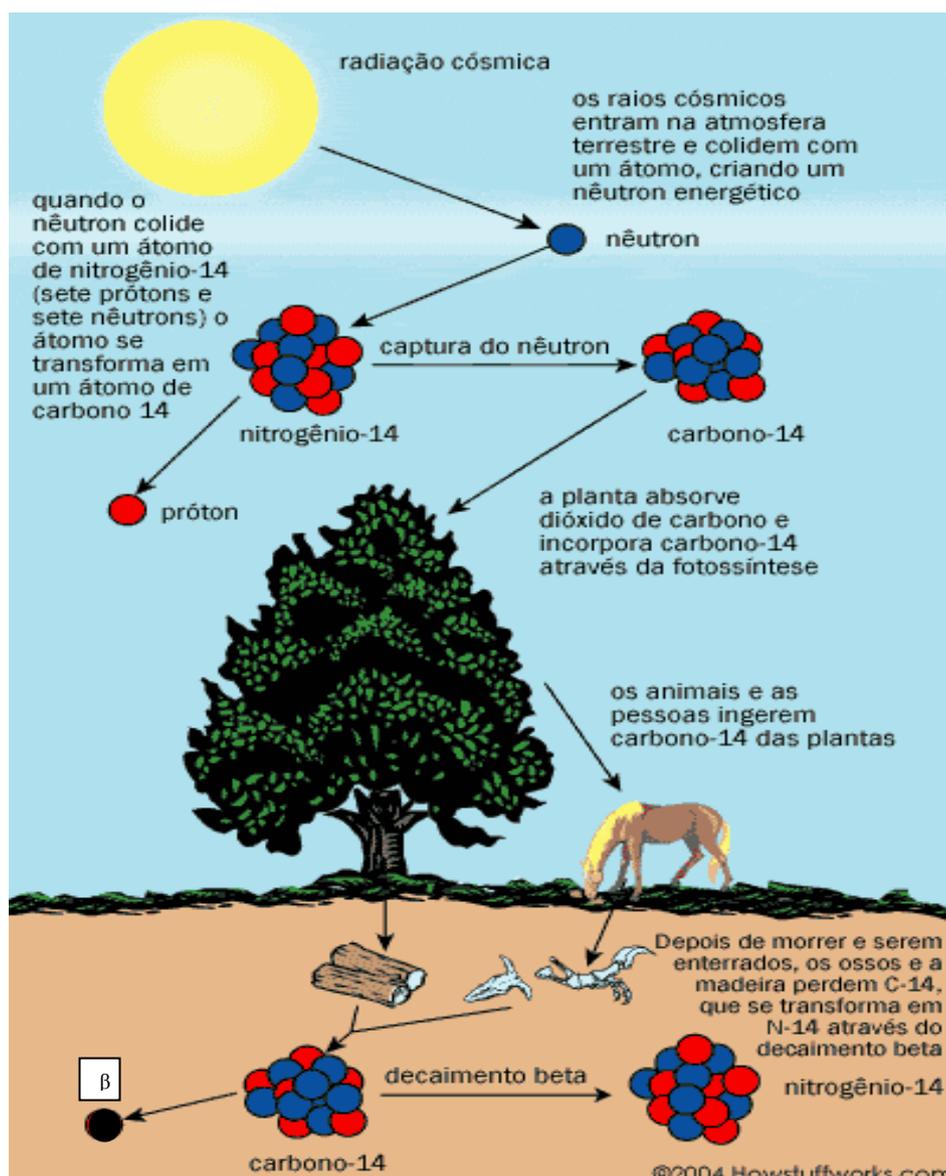
Os materiais radioativos também podem ser utilizados na indústria para diagnóstico do funcionamento de equipamentos variados e também na agricultura como marcadores que identificam as vias metabólicas de macro e micronutrientes ao serem absorvidos pelas plantas. Neste caso, o nutriente investigado é associado a um material radioativo que posteriormente tem a energia emitida monitorada indicando os caminhos percorridos pelo nutriente nas diferentes vias metabólicas da planta.

**Estudos de datação:** Através do período de meia-vida de determinados materiais radioativos é possível determinar a idade de objetos, fósseis e rochas. Para fósseis e objetos que contenham em sua composição, matéria orgânica, é utilizado o carbono-14 para a datação.

O carbono-14 é proveniente da absorção de nêutrons dos raios cósmicos pelos átomos de nitrogênio, na alta atmosfera.



Este isótopo do carbono, assim como os demais, combina-se com o oxigênio do ar formando dióxido de carbono, que, por sua vez, entra na composição química dos seres vivos através do processo de fotossíntese e da cadeia alimentar. Desta forma, todo ser vivo tem certa quantidade de carbono-14 em sua composição química. A imagem abaixo ilustra esse processo.



Fonte: <http://gpf2007.zip.net/images/carbon.gif>. Acesso em 20 de dezembro de 2008. Não há relação de proporcionalidade quanto ao tamanho das figuras.

Fósseis, papiro, tecidos etc., contêm carbono-14. Contudo, a quantidade deste isótopo diminui gradativamente a partir do momento em que cessam as atividades biológicas. Conhecido o período de meia-vida do carbono-14 – que é de 5.730 anos –, é possível avaliar a idade do fóssil a partir da medida de emissões radioativas provenientes do carbono-14 em comparação com o que é estimado para um organismo vivo. Assim, se um fóssil emite metade da energia que emitira um organismo vivo, podemos supor que sua idade é de cerca de 5.730 anos; se a emissão medida em um fóssil é de  $\frac{1}{4}$  da esperada para um organismo vivo, é possível inferir que sua idade seja  $2 \times 5.730$  anos, ou seja, passaram-se dois períodos de meia vida ou 11.460 anos e assim por diante.

Através do conhecimento do período de meia-vida do Urânio, é possível estimar a idade da Terra. Isto ocorre porque o Urânio-238, radioativo, é abundante em alguns tipos de rochas e possui meia-vida muito elevada – cerca de 4,5 bilhões de anos. Após uma série de decaimentos, este isótopo dá lugar ao Chumbo-206, estável. A partir da relação entre as quantidades de Urânio e de Chumbo, é possível estimar a idade de rochas e do planeta.

**Medicina diagnóstica:** Diversos isótopos radioativos são utilizados em exames médicos com a finalidade de diagnosticar doenças.

Geralmente o procedimento consiste em administrar ao paciente isótopos radioativos de materiais que interagem bioquimicamente com o órgão cujo funcionamento se pretende avaliar no exame. Após a administração do isótopo radioativo apropriado, a energia por ele emitida é captada por aparelhos e, então, é feito um mapeamento do órgão investigado e uma avaliação do seu funcionamento.

Os isótopos usados com esta finalidade devem ter um período de meia-vida ideal, ou seja, nem muito curto que não possa ser detectado a tempo no exame e nem muito longo permanecendo ativo muito tempo após o diagnóstico.

Um dos exames mais modernos é a Tomografia por Emissão de Pósitrons, ou PET, na sigla em inglês. Neste exame, marcam-se moléculas de glicose com isótopos radioativos de flúor, cuja meia vida é de cerca de 110 minutos e esta glicose é injetada no paciente. Como todas as células absorvem glicose e essa absorção é acelerada pela presença de células tumorais, o exame consegue detectar, pela varredura da energia emitida pelo isótopo radioativo, se há presença dessas células indesejáveis em praticamente qualquer parte do corpo. É possível, por exemplo, detectar o início de um processo cancerígeno, ainda antes de haver alterações fisiológicas perceptíveis por exames de imagem.

Neste caso, é necessário que o local onde o exame é realizado conte com uma instalação especial para a produção do isótopo, uma vez que fica inviável seu transporte.

É importante lembrar que aparelhos de raios-X não possuem em seu interior material radioativo. Tais aparelhos emitem radiações ionizantes muito semelhantes às radiações gama, contudo sua origem é a energia elétrica que incide sobre uma superfície

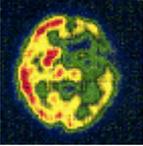
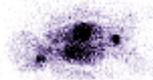
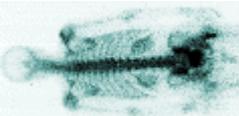
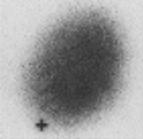
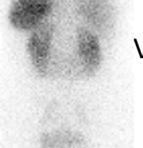
metálica, geralmente tungstênio. Assim, uma vez que o aparelho esteja desligado, não há a menor possibilidade de haver emissão – ou vazamento – energia radioativa.

**Tratamentos médicos:** Além da utilização de materiais radioativos no diagnóstico de doenças, há, também, possibilidade de sua utilização no tratamento de doenças. As principais formas de tratamento utilizando materiais radioativos são a radioterapia e a braquiterapia.

A radioterapia consiste em incidir energia proveniente de material radioativo posicionado externamente ao corpo do paciente sobre a área onde se localiza um tumor cancerígeno, por exemplo. A radiação causará destruição das células cancerosas. Contudo, é importante salientar que tal radiação não é seletiva e irá também causar danos a células saudáveis. O que se espera é que as células doentes sejam mais vulneráveis à radiação do que as células sadias. Ainda assim, a indicação do tratamento com radioterapia levará em conta vários fatores como, por exemplo, o local onde o tumor está localizado. Na radioterapia convencional, geralmente a fonte de radiação é o cobalto-60 ou um acelerador linear.

A braquiterapia é muito semelhante à radioterapia, porém, neste caso, a fonte de energia que contém o isótopo radioativo é inserida no corpo do paciente e posicionada nas proximidades do tumor que se deseja combater. A braquiterapia geralmente utiliza três isótopos como fonte de radiações ionizantes: iodo-125; Césio-137 ou irídio-192. A principal vantagem da braquiterapia em relação à radioterapia é a possibilidade de utilização de grandes doses de radiação concentradas em pequenas fontes. Na radioterapia, a quantidade de radiação a que o paciente pode ser exposto é bem menor, limitando as possibilidades de tratamento.

Alguns isótopos radioativos utilizados na medicina são:

Isótopo	Principais usos
<b><math>^3\text{H}</math></b> <b>Trítio</b> (hidrogênio-3)	Determinação do conteúdo de água no corpo
<b><math>^{11}\text{C}</math></b> <b>Carbono-11</b>	 Varredura do cérebro com tomografia de emissão positrônica transversa (PET) para traçar o caminho da glucose
<b><math>^{14}\text{C}</math></b> <b>Carbono-14</b>	Ensaio de radioimunidade.
<b><math>^{24}\text{Na}</math></b> <b>Sódio-24</b>	 Detecção de constrictões e obstruções do sistema circulatório.
<b><math>^{32}\text{P}</math></b> <b>Fósforo-32</b>	Detecção de tumores oculares, câncer de pele, ou tumores pós-cirúrgicos.
<b><math>^{51}\text{Cr}</math></b> <b>Cromo-51</b>	Diagnóstico de albumina, tamanho e forma do baço, desordens gastrointestinais.
<b><math>^{59}\text{Fe}</math></b> <b>Ferro-59</b>	Má função das juntas ósseas, diagnóstico de anemias
<b><math>^{60}\text{Co}</math></b> <b>Cobalto-60</b>	Tratamento do câncer.
<b><math>^{67}\text{Ga}</math></b> <b>Gálio-67</b>	 Varredura do corpo inteiro para tumores.
<b><math>^{75}\text{Se}</math></b> <b>Selênio-75</b>	Varredura do pâncreas
<b><math>^{81\text{m}}\text{Kr}</math></b> <b>Criptônio-81m</b>	 Varredura da ventilação no pulmão.
<b><math>^{85}\text{Sr}</math></b> <b>Estrôncio-85</b>	 Varredura dos ossos para doenças, incluindo câncer.
<b><math>^{99\text{m}}\text{Tc}</math></b> <b>Tecnécio-99m</b>	 Um dos mais utilizados: diagnóstico do cérebro, ossos, fígado, rins, músculos e varredura de todo o corpo.
<b><math>^{131}\text{I}</math></b> <b>Iodo-131</b>	 Diagnóstico de mal funcionamento da glândula tireóide, tratamento do hipertireoidismo e câncer tireoidal.
<b><math>^{197}\text{Hg}</math></b> <b>Mercúrio-197</b>	 Varredura dos rins.

Fonte: Revista eletrônica do dep. de Química da UFSC. Disponível em [www.qmc.ufsc.br/qmcweb/artigos/nuclear/medicina.html](http://www.qmc.ufsc.br/qmcweb/artigos/nuclear/medicina.html). Acesso em 4 de janeiro de 2009.

**Proteção radiológica:** Os procedimentos de proteção radiológica ou de radioproteção têm por objetivo proteger o ser humano dos efeitos nocivos das radiações ionizantes. Cabe à Comissão Nacional de Energia Nuclear determinar as bases legais da radioproteção no país, o que é feito de acordo com critérios internacionais.

Há uma determinação legal para as quantidades de radiação a que podem estar expostos os cidadãos comuns. Tal quantidade é diferenciada para aqueles que trabalham direta ou indiretamente com materiais radioativos ou em locais onde tais materiais são manipulados. Estas normas variam de acordo com a idade e o gênero do indivíduo, com as partes do corpo potencialmente mais expostas à radiação e com fatores como gestação e lactação. As normas de proteção para que se evite a contaminação humana leva em conta a distância que o indivíduo deve manter com relação à fonte, o tempo de exposição e a blindagem que deve ser utilizada. Dados a esse respeito podem ser vistos no site da CNEN ([www.cnen.gov.br](http://www.cnen.gov.br)).

Os equipamentos de radioproteção geralmente são de uso individual, como macacão, capacete, avental, máscara e dosímetro de radiação. Este último é utilizado pelos trabalhadores que se expõe aos materiais radioativos. Os dosímetros captam a radiação do ambiente e são monitorados periodicamente para que se tenha conhecimento sobre as doses de radiação a que o indivíduo está exposto, com vistas ao cumprimento das normas de radioproteção.

**Descontaminação:** Para entender os processos de descontaminação é necessário compreender que podem haver contaminações em diferentes meios e em diferentes níveis. Pode haver contaminação de um rio, lago, solo, por exemplo, e pode haver contaminação de animais, entre eles o homem. É deste tipo de contaminação que estamos tratando.

No caso de contaminação do ser humano por materiais radioativos, é necessário distinguir a contaminação externa da contaminação interna. Além disso, é necessário compreender que se a contaminação é interna, dependendo do material contaminante, este pode se concentrar em diferentes áreas do organismo humano. Pode ser hidrossolúvel ou lipossolúvel, pode ter período de meia-vida pequeno ou elevado etc. Tudo isso vai determinar o procedimento necessário em processos de descontaminação.

Quando à contaminação é externa, o procedimento principal é lavar a pessoa. Todas as roupas devem ser descartadas como lixo contaminado e a pessoa deve ter a pele bem lavada além dos cabelos cortados. Em Goiânia, no episódio com o acidente com o Césio-137, em 1987, este foi o procedimento realizado com as pessoas contaminadas.

Se a contaminação é interna, os procedimentos serão variáveis de acordo com o isótopo que causou a contaminação. Se este é solúvel em água, como era o caso do cloreto de Césio-137 em Goiânia, uma alternativa pode ser provocar a sudorese no indivíduo para que o seu organismo elimine o material através do suor. Dependendo do nível de contaminação, a pessoa contaminada pode ser considerada como fonte de contaminação, como ocorreu com a menina Leide das Neves, em Goiânia, que ingeriu material radioativo.

Outros procedimentos incluem a ingestão de medicamentos cuja especificidade e a forma de atuação variam de acordo com o isótopo envolvido.

#### **Para saber mais:**

[www.cnen.gov.br](http://www.cnen.gov.br)

[www.conciencia.com.br](http://www.conciencia.com.br)

[www.institutoevolucao.com.br](http://www.institutoevolucao.com.br)

[www.eletronuclear.gov.br](http://www.eletronuclear.gov.br)

[www.fsc.ufsc.br/~canzian/intrort/radioterapia.html](http://www.fsc.ufsc.br/~canzian/intrort/radioterapia.html)

Revista Ciência Hoje, volumes: 254, nov. 2008; 250, jun. 2008 e 241, set. 2007

## **7 – Trabalhando com auto-avaliação**

A proposta de trabalhar com auto-avaliação tem por finalidade desenvolver no aluno maior responsabilidade e autonomia referentes ao seu aprendizado. Pretende-se que o aluno se torne consciente de sua responsabilidade sobre sua aprendizagem e avalie o seu desempenho pessoal e o do grupo com o qual trabalha.

A auto-avaliação pode ser realizada durante a execução dos seminários ou ao final de todas as atividades relacionadas ao tema estudado. Nesse caso, sugerimos que a auto-avaliação seja realizada na execução dos seminários, valorizando todas as demais atividades como necessárias à realização de um bom trabalho nos seminários.

Cada grupo deve receber uma ficha de auto-avaliação em que cada componente atribua pontuação a si e aos demais colegas do grupo e esta avaliação deverá ser considerada pelo professor na composição da nota final.

Além disso, é possível utilizar a auto-avaliação como um espaço de avaliação da proposta de ensino. Essa pode ser uma importante estratégia para que o professor avalie seu trabalho e possa adequá-lo às necessidades de seus alunos, fazendo alterações em realizações posteriores e redefinindo sua prática. Dessa forma, o aluno também se sente valorizado, favorecendo a compreensão de que é parte de um processo.

Para tanto, os alunos são convidados a atribuir pontuação às etapas da proposta: vídeo, paradidático, explicações dos professores, seminários, palestra e avaliações. Essas etapas podem ser avaliadas de acordo com os seguintes critérios: relevância, qualidade do material, profundidade da discussão e desempenho dos professores.

Apresentamos, a seguir, uma sugestão de formulário para auto-avaliação. No item I, cada aluno fará uma auto-avaliação juntamente com uma avaliação de cada colega do grupo. Os nomes dos alunos devem ser registrados de acordo com a numeração do quadro que corresponde ao número da coluna em que é feito o registro de sua avaliação para cada quesito solicitado. No item II, o grupo avalia as etapas da proposta de ensino. Nessa etapa, a pontuação não é atribuída individualmente, sendo necessária uma negociação entre os componentes do grupo para preenchimento do quadro.

### Nota ao professor:

Os alunos podem apresentar dificuldades em trabalhar com a auto-avaliação, podendo tender ao corporativismo, protegendo colegas que não se envolveram com as atividades e atribuindo-lhes excelente pontuação a despeito de seu pouco comprometimento. Por isso, procure auxiliar seus alunos a trabalhar com a ficha de auto-avaliação, reunindo-se com eles e chamando sua atenção para a coerência que deve haver entre os dados constantes da ficha e seu desempenho nas demais atividades. Na medida em que os alunos se habituam a trabalhar nesse sistema, tendem a se tornar mais autônomos.

## Formulário de Auto-Avaliação

**TRABALHO INTERDISCIPLINAR – RADIOATIVIDADE EM UM CONTEXTO CULTURAL**

**FICHA DE AVALIAÇÃO**      **TURMA:** \_\_\_\_\_ **Tema do seminário:** \_\_\_\_\_

I – Avaliação dos membros do grupo pelo grupo (**Atribua valores de 0 a 3. 0 – não realizado; 1 – realizado de forma insuficiente; 2 – realizado de forma regular; 3 – realizado de forma plena**)

Nome dos membros do grupo	No.	Discussão sobre o vídeo						Leitura do livro						Comparecimento às reuniões do grupo						Contribuição no produto final						Dedicação do membro para o sucesso do grupo					
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
1-																															
2-																															
3-																															
4-																															
5-																															
6-																															

II – Avaliação da proposta de ensino. Após discussão no grupo, atribua valores para as atividades descritas abaixo, conforme escala. (**0 – ruim; 1 – razoável; 2 – bom; 3 – muito bom**)

Atividades propostas	Relevância (importância)	Qualidade do material	Profundidade da discussão	Desempenho dos professores
Vídeo				
Paradidático				
Explicações				
Seminário				
Palestra				
Avaliações				

Espaço destinado a comentários, críticas e sugestões: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Referências Bibliográficas

- AUTOS DE GOIÂNIA. In: **Suplemento Ciência Hoje**, n. 40, mar. 1988.
- CHALMERS, A. F. **O que é Ciência afinal?** São Paulo: Brasiliense, 1993.
- COTRIN, G. **Fundamentos da filosofia, História e Grandes Temas**. São Paulo: Saraiva, 2001.
- COTTON, F. A., LYNCH, L. D., MACEDO, H. **Curso de Química**. Rio de Janeiro: Fórum Editora, 1968.
- FARIAS, R. F. dos. As mulheres e o Prêmio Nobel de Química. In: **Química Nova na Escola**. São Paulo, n. 14, nov. 2001. CD-ROM.
- \_\_\_\_\_. A Química do tempo: Carbono-14. **Química Nova na Escola**. São Paulo, n. 16, nov. 2002. CD-ROM.
- MATTHEWS, M. R.. História, Filosofia e ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. Santa Catarina, v. 12, n. 3, p. 164-214, dez. 1995.
- O CLÃ CURIE. Direção Bernar Choquet. Realização Gilgamesh/la Cinqüiême, França, 1996. (26 min.); VHS, som, preto branco e preto.
- OLIVEIRA, M. F. A rica polêmica do Urânio empobrecido. In: **Ciência Hoje**, n. 241, v. 41, set. 2007.
- PARKER, S. **Marie Curie e a Radioatividade**. Caminhos da Ciência. São Paulo: Scipione, 1996.
- PIETROCOLA, M. Construção e realidade: o realismo científico de Mário Bunge e o ensino de ciências através de modelos. In: **Investigações em Ensino de Ciências**. Porto Alegre, v. 4, n. 3, dez. 1999.
- SBPC/LABJOR-BRASIL. **A confusa política nuclear brasileira**. 2000. Disponível em <[www.comciencia.br/reportagens/nuclear/nuclear09.htm](http://www.comciencia.br/reportagens/nuclear/nuclear09.htm)>. Acesso em 29 de junho de 2007.
- \_\_\_\_\_. **Países europeus são os que mais utilizam energia nuclear**. 2000. Disponível em <[www.comciencia.br/reportagens/nuclear/nuclear02.htm](http://www.comciencia.br/reportagens/nuclear/nuclear02.htm)>. Acesso em 29 de junho de 2007.
- \_\_\_\_\_. **Eficiência com custo elevado**. 2000. Disponível em <[www.comciencia.br/reportagens/nuclear/nuclear03.htm](http://www.comciencia.br/reportagens/nuclear/nuclear03.htm)>. Acesso em 29 de junho de 2007.

\_\_\_\_\_. **Angra 2 começa a produzir em caráter experimental.** 2000. Disponível em <[www.comciencia.br/reportagens/nuclear/nuclear04.htm](http://www.comciencia.br/reportagens/nuclear/nuclear04.htm)>. Acesso em 29 de junho de 2007.

\_\_\_\_\_. **Usina mistura simplicidade e alta tecnologia.** 2000. Disponível em <[www.comciencia.br/reportagens/nuclear/nuclear05.htm](http://www.comciencia.br/reportagens/nuclear/nuclear05.htm)>. Acesso em 29 de junho de 2007.

\_\_\_\_\_. **Funcionamento das usinas nucleares.** 2000. Disponível em <[www.comciencia.br/reportagens/nuclear/nuclear13.htm](http://www.comciencia.br/reportagens/nuclear/nuclear13.htm)>. Acesso em 29 de junho de 2007.

\_\_\_\_\_. **Transformações da energia remetem à origem do Universo.** 2000. Disponível em <[www.comciencia.br/reportagens/nuclear/nuclear15.htm](http://www.comciencia.br/reportagens/nuclear/nuclear15.htm)>. Acesso em 29 de junho de 2007.

\_\_\_\_\_. **Ipen desenvolve aplicações médicas da energia nuclear.** 2000. Disponível em <[www.comciencia.br/reportagens/nuclear/nuclear14.htm](http://www.comciencia.br/reportagens/nuclear/nuclear14.htm)>. Acesso em 29 de junho de 2007.

\_\_\_\_\_. **Domínio da energia nuclear vem de teorias do século XIX.** 2000. Disponível em <[www.comciencia.br/reportagens/nuclear/nuclear12.htm](http://www.comciencia.br/reportagens/nuclear/nuclear12.htm)>. Acesso em 29 de junho de 2007.

\_\_\_\_\_. **Plano de Emergência preocupa prefeitura de Angra dos Reis.** 2000. Disponível em <[www.comciencia.br/reportagens/nuclear/nuclear08.htm](http://www.comciencia.br/reportagens/nuclear/nuclear08.htm)>. Acesso em 29 de junho de 2007.

\_\_\_\_\_. **O tratamento dado aos rejeitos radioativos.** 2000. Disponível em <[www.comciencia.br/reportagens/nuclear/nuclear10.htm](http://www.comciencia.br/reportagens/nuclear/nuclear10.htm)>. Acesso em 29 de junho de 2007.

SANTOS, E. C. dos. **Pensar a Ciência.** Disponível em [http://www.formacaosolidaria.org.br/livros/filosofia\\_livro\\_didatico\\_publico/filosofia\\_da\\_ciencia/pensar\\_a\\_ciencia.pdf](http://www.formacaosolidaria.org.br/livros/filosofia_livro_didatico_publico/filosofia_da_ciencia/pensar_a_ciencia.pdf). Acesso em 20 de dezembro de 2008.

SANTOS, W. L. P. dos. Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. In: **Revista Brasileira de Educação**. Rio de Janeiro; v. 12, n. 36, p. 474-492, set/dez. 2007.

SANTOS, W. L. P. dos; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (ciência-tecnologia-sociedade) no contexto da educação brasileira. In: **Ensaio: pesquisa em educação em ciências**. Belo Horizonte, v. 2, n. 2, 133-162, dez. 2000.

SOUZA-BARROS, F. A banalização das armas nucleares. In: **Ciência Hoje**, n. 250, v. 42, jul. 2008.

XAVIER, A. M.; LIMA, A. G. de; VIGNA, C. R. M.; VERBI, G. G. B.; GORAIEB, K.; COLLINS, C. H.; BUENO, M. I. M. S. Marcos da história da radioatividade e tendências atuais. In: **Química Nova na Escola**. São Paulo, v. 30, n. 1, p.83-9, 2007.

## **ANEXO A**

## Transparências utilizadas

**PEDRINHA MÁGICA**  
O que acontece com o urânio antes e depois de virar energia.

**1 ESCRITO NAS ESTRELAS**  
Há bilhões de anos, explosões de estrelas supernovas soltaram pedras a 10 000 km/s. Essa matéria se colidia, provocando fusões nucleares. O resíduo das explosões (elementos como ouro, chumbo, ferro e urânio) ajudaram a formar a Terra.

**2 MINÉRIO DE URÂNIO**  
Cerca de 500 vezes mais comum que o ouro, o urânio está alojado em rochas simples a poucos metros de profundidade. O Brasil tem a 5ª maior reserva de urânio do mundo. Nas minas, ele vira um pó amarelo, o *yellow cake*.

**3 ENRIQUECIMENTO**  
Existem 3 tipos de urânio. O mais raro é o isótopo 234 e o mais comum é o 238 (compõe 99,3% do total). O urânio 235 é mais instável: suas ligações quebram bem facinho, por isso é o preferido das usinas. Para usar urânio como combustível, é preciso enriquecê-lo: botar um pouco de U 235 no U 238.

**4 BALINHAS**  
Depois de separado, triturado e enriquecido, o urânio vira pastilhas de 1 cm de altura e 0,8 cm de diâmetro. Cada uma delas gera energia suficiente para uma casa durante um mês. Até aqui, o urânio é uma pedra comum, que não emite radioatividade perigosa. É em forma de pastilha que ele virar energia na usina nuclear (veja na página seguinte).

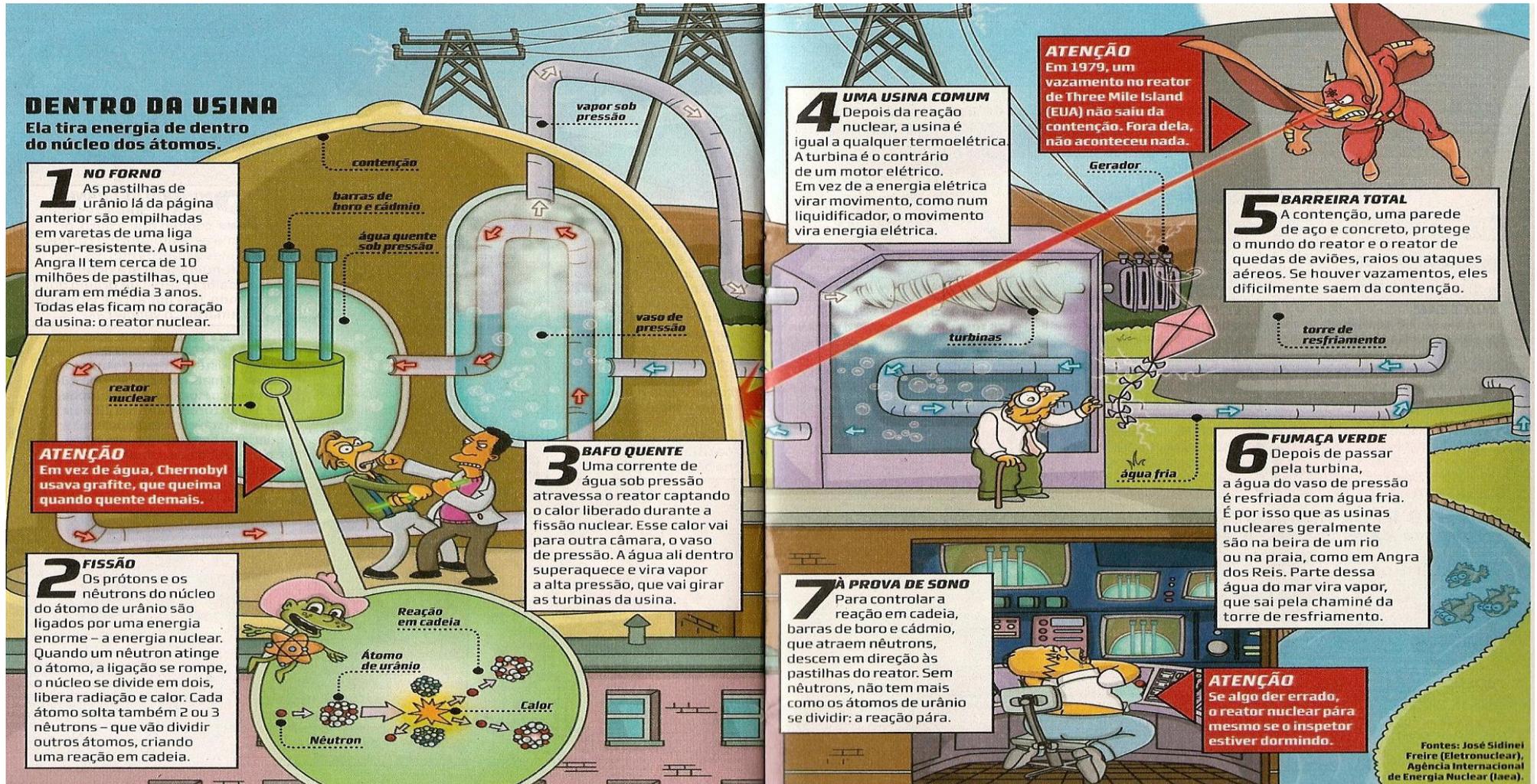
**5 LIXO DOS PIORES**  
Depois da fissão nuclear na usina, o que resta são átomos radioativos de plutônio, iodo, cério e dezenas de outros elementos. O plutônio emite radiação alfa, que é captada pelos ossos humanos e causa câncer em poucos dias. Roupas, ferramentas, peças e canos impregnados de radioatividade são lixos atômicos mais leves.

**6 DEBAIXO DO TAPETE**  
O plutônio precisa ser armazenado em câmaras de concreto e chumbo até que pare de oferecer tanto risco – cerca de 24 000 anos. As usinas de Angra 1 e Angra 2 produzem 43 toneladas desse lixo atômico por ano. Ele também pode voltar ao laboratório e ser usado em bombas atômicas como a de Nagasaki.

**PERIGO!**  
Medindo a concentração de urânio 235, os inspetores internacionais descobrem que fim o material terá. O urânio que serve para mover submarinos nucleares e usinas é enriquecido com 3% de Urânio 235. Já bombas atômicas precisam de pelo menos 90% dele.

Fontes: Astrônomo José Renan de Medeiros (UFRN), Hilton Mantovani Lima (Indústrias Nucleares do Brasil), José Sidinei Freire (Eletronuclear), Elta Urano (IPEN-USP).

Fonte: O Vilão Virou Herói, Superinteressante, Abril Editora, n. 241, jul. 2007



Fonte: O Vilão Virou Herói, Superinteressante, Abril Editora, n. 241, jul. 2007

**Comentário:** As imagens utilizadas como transparências trazem figuras de personagens dos desenhos animados atuais de conhecimento dos alunos, tendo, por isso, caráter lúdico. Contudo, nas imagens, há desenhos que podem ser interpretados como obstáculos epistemológicos ao aprendizado, como o “átomo com cabeça e chapéu”. Tal situação, a nosso ver, não inviabiliza a utilização da imagem, mas constitui mais um fator a ser discutido durante as aulas.

Essa discussão é rica e pode conduzir a questões como a visão de ciência disseminada pelos meios de comunicação e pode permitir ao professor conhecer as concepções de seus alunos sobre a natureza da ciência, identificando a presença de obstáculos epistemológicos e outras concepções equivocadas de acordo com os modelos científicos atuais.

## **ANEXO B**

### Autorização para uso de imagem

Autorizo o(a) professor (a) Luciana da Cruz Machado da Silva a usar a minha imagem em seu trabalho final de Mestrado em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília.

Nome do aluno (a)	Responsável pelo (a) aluno(a)	Assinatura do(a) Responsável
Carlos Guilherme	Osmarina Ruzio	Osmarina Ruzio
Thayzi N. Massuda	Thayzi N. Massuda	Thayzi N. Massuda

Nome do pesquisador(a)	Assinatura
Luciana Melazo Dias	Luciana Melazo Dias