
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE

Revista
Didática Sistemática

SEMESTRAL

ISSN: 1809-3108

Volume 7, janeiro a junho de 2008

PRIMEIRAS REFLEXÕES COM O AUXÍLIO DA DISCIPLINA PRINCÍPIOS DE SISTEMAS NA BUSCA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA PARA O ENSINO DE FÍSICA DAS RADIAÇÕES

Michely Prestes¹

RESUMO

No presente artigo pretende-se expressar as experiências vivenciadas com o desenvolvimento de uma Unidade de Aprendizagem sobre Radiações, e algumas reflexões sobre os conhecimentos adquiridos e reconstruídos mediante o auxílio da disciplina Princípios de Sistemas, oferecida no Programa de Pós-Graduação em Educação Ambiental da Fundação Universidade Federal do Rio Grande - FURG. Relato este que pretende, sem muita pretensão, buscar através da práxis docente formas de melhorar a qualidade na educação, com uma aprendizagem significativa, fazendo um recorte no que se refere ao ensino das radiações, com o objetivo de problematizar questões vinculadas à realidade do educando.

Palavras-chave: Princípios de Sistemas, aprendizagem significativa, radiações.

ABSTRACT

This paper intends to express the experiences lived with the development of a learning unit about radiation and some reflections about the knowledge acquired in the Principles of Systems subject offered by the post-graduation on environmental education at Universidade Federal do Rio Grande – FURG. This report intends to find out some ways

¹ Michely Prestes é licenciada em Física, bacharel em Física Médica (FURG – Fundação Universidade Federal do Rio Grande) e mestranda do Programa de Pós-Graduação em Educação Ambiental - FURG; atua como profa. de Física na rede estadual de ensino médio do Rio Grande do Sul – RS, no município de Bagé, email: michelyprestes@yahoo.com.br

of improving the education quality, with a meaningful learning, giving a special attention to radiation in order to problematize issues linked to the student's reality.

Keywords: Principles of Systems, meaningful learning, radiation.

1- INTRODUÇÃO

Como educadores nos mobilizamos a pesquisar alternativas de trabalhar com o ensino de Física de forma mais estimulante e significativa para o educando. Neste momento, nosso foco de estudo no currículo escolar do ensino médio, é sobre as Radiações, visando a contextualização do ensino de Física entre a teoria do conhecimento científico e a aplicação prática dos conceitos envolvidos no cotidiano do educando, o que supostamente pode ser uma forma de contribuir também para a qualidade de vida dos mesmos, com escolhas mais saudáveis.

A escola se constitui em um espaço privilegiado para problematizar questões que fazem parte da realidade dos educandos, contribuindo para a formação de cidadãos mais críticos que sejam capazes de responder às demandas do mundo contemporâneo.

REGO (1995) considera que na perspectiva Vigotskiana que, embora os conceitos não sejam assimilados prontos, o ensino escolar desempenha um papel importante na formação dos conceitos de um modo geral e dos científicos em particular. A escola propicia um conhecimento sistemático sobre aspectos que não estão associados ao seu campo de visão ou vivência direta (como no caso dos conhecimentos espontâneos). Possibilita que o indivíduo tenha acesso ao conhecimento científico construído e acumulado pela humanidade. Por envolver operações que exigem consciência e controle deliberado, permite ainda que se conscientizem de seus próprios processos mentais (processos metacognitivos).

Nesta perspectiva, os Parâmetros Curriculares Nacionais, PCN+, para o ensino médio, dispõem de orientações educacionais complementares para o ensino de Física, onde se procura construir uma visão da Física que esteja voltada para a “formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade” (BRASIL, 1999, p.1).

No entanto, trabalhar com a Física de forma isolada, fragmentada, sem relação com outras ciências, sem a devida contextualização de seus conceitos com a realidade, e apenas com a ênfase nas fórmulas e na quantidade de conteúdos, que em muitos momentos não tem sentido algum para os educandos, possivelmente agravará os conflitos escolares onde, entre eles, os alunos estão perdendo a motivação e o interesse

pelos estudos. Concordamos com ERTHAL (et al, 2005, p.2), quando sustenta que muitas críticas costumam ser feitas ao currículo de Física do Ensino Médio e talvez “a mais contundente seja o seu desligamento da realidade vivencial do aluno, o que tem resultado em textos e materiais didáticos tão ou ainda mais desligados dessa realidade”.

A esse respeito, CALLONI é bastante explícito quando menciona que “a interdisciplinaridade não é apenas um enfoque consciente da multidisciplinaridade do conhecimento humano, mas um necessário e urgente diálogo entre as disciplinas científicas entre si”. Tal compreensão adianta o autor, “ganha na atualidade, cada vez mais interesse e motivação, notadamente por parte dos educadores, no sentido de instaurar, no processo de ensino-aprendizagem, iniciativas pedagógicas que levem em conta as inter-relações dos saberes como momento privilegiado de reflexão-ação-reflexão na mira da formação de um ser humano integrado e eticamente comprometido com as transformações que envolvem o conjunto da humanidade e do ecossistema planetário” (CALLONI, 2006, p13).

Buscando qualificar o ensino de Física, destacamos ainda, de acordo com os PCN+, o desenvolvimento do tema estruturador 5, denominado Matéria e Radiação, que possibilita trabalhar o tema das Radiações com uma proposta interdisciplinar, visando que o educando “tenha condições de avaliar riscos e benefícios que decorrem da utilização de diferentes radiações, compreender os recursos de diagnóstico médico (radiografias, tomografias etc.), acompanhar a discussão sobre os problemas relacionados à utilização da energia nuclear” (BRASIL, 1999, p.28).

Mesmo com o auxílio do PCN, este tema ainda não está sendo efetivamente desenvolvido no âmbito escolar. Associamos-nos ao entendimento de ERTHAL (et al, 2005, p.2), quando enfatiza que “um dos fatores que impede a inclusão das radiações no currículo de Física é uma proposta pedagógica que possibilite a apresentação desse conteúdo”. Com isto, nosso envolvimento com o tema se deve as constantes reflexões feitas durante o período de minha formação em Física Médica, onde a rotina do hospital, em estágios como de radioterapia, radiologia, medicina nuclear nos possibilitou perceber o quanto o paciente não entende da sua própria doença assim como, na maioria das vezes, não faz idéia do tratamento, se tornando “refém” de sua própria desinformação.

Esta falta de conhecimento, assim como a falta de um atendimento especializado para suprir estas necessidades, em alguns momentos acabava por prejudicar o paciente, visto que suas dúvidas, seus medos e suas crenças a respeito da doença e da própria terapia com radiação se tornavam uma realidade complexa afastando-o da luta pela vida.

Havia casos de recusa da terapia, ou ainda, situações em que o paciente recorria ao tratamento num estado lamentável, onde a doença já havia alcançado proporções agravantes. A queda dos cabelos, ou o fato de ter que ficar com seu corpo exposto diante dos profissionais da área médica era um dos fatores que comprometiam a aceitação do tratamento. Começamos a perceber que a Física ministrada na escola poderia contribuir na melhoria do entendimento destas, assim como de outras, questões vivenciadas em nossa sociedade.

2. EM BUSCA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Pensando em uma proposta pedagógica para trabalhar com as Radiações, na disciplina de Física, realizamos algumas pesquisas nos livros didáticos de Física mais usuais, do Ensino Médio, no intuito de nos aproximar do que hoje poderia estar sendo trabalhado em sala de aula. Neste momento nos deparamos com a primeira dificuldade, pois os livros pouco têm abordado sobre esse tópico, e quando o fazem destacam mais conceitos isolados e sem relação com a prática cotidiana. Os livros usados, neste processo foram: Antônio Máximo Beatriz Alvarenga – São Paulo: Scipione, 1997, Paraná – São Paulo: Ática, 2001, Regina Azenha Bonjorno – São Paulo: FTD, 2001.

Para possibilitar um envolvimento real do aluno com o tema a ser estudado, não poderíamos trabalhar apenas com as definições apresentadas nos livros didáticos, assim como também não poderíamos ignorar os conhecimentos prévios dos alunos, então a nossa primeira iniciativa foi elaborar um instrumento, ou seja, um questionário para nos aproximar de algumas das idéias dos estudantes sobre as radiações.

Entendemos que é necessário estabelecer a relação entre o conteúdo previamente construído pelo indivíduo e a teoria científica, para efetivar uma aprendizagem significativa que “caracteriza-se pela interação entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio” (MOREIRA, 2000, p.3). Sobretudo, MOREIRA, revela-nos também que o “conhecimento prévio é, isoladamente, a variável que mais influencia a aprendizagem. Em última análise, só podemos aprender a partir daquilo que já conhecemos.

Segundo teoria de Ausubel, a aprendizagem é dita significativa “quando uma nova informação (conceito, idéia, proposição) adquire significados para o aprendiz através de uma espécie de ancoragem em aspectos relevantes da estrutura cognitiva preexistente do indivíduo, em conceitos, idéias, proposições já existentes em sua estrutura de

conhecimentos (ou de significados) com determinado grau de clareza, estabilidade e diferenciação” (MOREIRA, 1988, p.5).

Nesta abordagem há uma interação “entre o novo conhecimento e o já existente, na qual ambos se modificam. À medida que o conhecimento prévio serve de base para a atribuição de significados à nova informação, ele também se modifica, adquirindo novos significados, se tornando mais diferenciados, mais estáveis” (MOREIRA, 1988, p.5). A estrutura cognitiva está constantemente se reestruturando durante a aprendizagem significativa.

O processo é dinâmico e as interpretações vão sendo construídas, onde o novo conhecimento nunca é “internalizado de maneira literal, porque no momento em que passa a ter significado para o aprendiz entra em cena o componente idiossincrático da significação”. Aprender significativamente “implica atribuir significados e estes têm sempre componentes pessoais. Aprendizagem sem atribuição de significados pessoais, sem relação com o conhecimento preexistente, é mecânica, não significativa” (MOREIRA, 1988, p.5).

Outro fator de extrema relevância para efetivar uma aprendizagem significativa é o envolvimento do aluno com o tema a ser estudado, ou seja, a sua predisposição para aprender. É preciso resgatar o seu interesse, o professor tem que estar disposto a inovar os recursos pedagógicos para tornar as aulas mais agradáveis, caso contrário, se “o indivíduo quiser memorizar o conteúdo arbitrariamente e literalmente, então a aprendizagem será mecânica” (PELIZZARI et al, 2002, p.38). Novamente ressaltamos a importância de conhecer as idéias dos alunos, para agregar à sua estrutura cognitiva as novas informações contextualizadas com o cotidiano, minimizando o esforço e o tempo para assimilar conceitos que seriam mais facilmente compreendidos.

3. DESENVOLVIMENTO

Com o intuito de conhecer o conteúdo previamente construído pelo aluno, para obter melhores resultados com as discussões do tema, favorecendo uma aprendizagem significativa, iniciamos a primeira de atividade, durante o desenvolvimento da unidade

de aprendizagem, pedindo que os alunos respondessem um questionário. O instrumento apresentava 18 questões, algumas destas eram objetivas, outras discursivas. Lembrando que, nenhum esclarecimento foi dado sobre o tema por parte do professor.

Os 25 alunos que estavam participando desta proposta, cursavam a 3º série do Ensino Médio de uma Escola Pública do município de Rio Grande, Rs, e suas idades compreendiam entre 16 e 19 anos. Neste momento, apresentaremos apenas duas das questões, para uma breve reflexão.

1) Você já ouviu falar em Radiação?

SIM NÃO

Ouvi falar.....



a)



b)



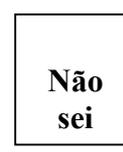
c)



d)



e)



f)

Para apresentar as respostas dos alunos e fazer a relação com os conceitos discutidos na unidade de aprendizagem, buscaremos uma aproximação com as teorias abordadas na disciplina Princípios de Sistemas, expondo alguns dos conhecimentos adquiridos, de maneira a organizar uma rede sistêmica que envolve as idéias dos alunos para as questões mencionadas anteriormente. Na verdade, se trata de uma simples sistematização, criada a partir da categorização das concepções prévias que os alunos possuem para o tema radiações.

Seria então, ao que Forrester chama de modelos associados a palavras e idéias, e não a construção e interpretação de modelos dinâmicos, possibilidade que não é descartada para o futuro, com um estudo de maior profundidade e com a utilização de ferramentas computacionais (KURTZ DOS SANTOS, 2002, p.10).

Definindo que Modelo é um substituto para um objeto ou sistema. Qualquer conjunto de regras e relações que descrevam algo pode ser considerado um modelo (KURTZ DOS SANTOS, 2002, p.9).

Importante também esclarecer o conceito de Sistemas que se refere a um agrupamento de partes que operam juntas com um propósito comum. Um sistema pode incluir pessoas e partes físicas. (KURTZ DOS SANTOS, 2002, p.20).

Os sistemas podem ser abertos, ou seja, são aqueles inconscientes e não reagem ao seu desempenho (a ação passada não controla a ação futura), e podem ser sistemas fechados que são influenciados pelo seu próprio comportamento passado (KURTZ DOS SANTOS, 2002, p.21).

Os sistemas podem sofrer uma retroalimentação positiva ou negativa. A idéia de Feedback, ou seja, realimentação do sistema, onde a causa age sobre o efeito e o efeito sobre a causa diminuindo ou aumentando os resultados, foi introduzido por Nobert Weiner (MORIN, 2000).

Iniciamos então esta análise estruturando a organização do conhecimento por parte do aluno, segundo Bruner onde, “a estrutura é capaz de estreitar o espaço entre o conhecimento avançado e o elementar. Aprender a estrutura é aprender como as coisas estão relacionadas. O bom ensino deve enfatizar a estrutura” (KURTZ DOS SANTOS, 2002, p.35).

Acreditamos que conseguindo identificar algumas das estruturas dos conceitos dos educandos, mesmo que sejam conceitos prévios ou espontâneos, nós educadores teremos maiores possibilidades de reconstruir essas idéias, fazendo as intervenções necessárias para relacionar com as teorias científicas e com a realidade. Visto que aprendizagem significativa dá-se quando o aluno escolhe relacionar novas informações com idéias que já conhece.

4. RESULTADOS E COMENTÁRIOS ATRAVÉS DAS REDES SISTÊMICAS

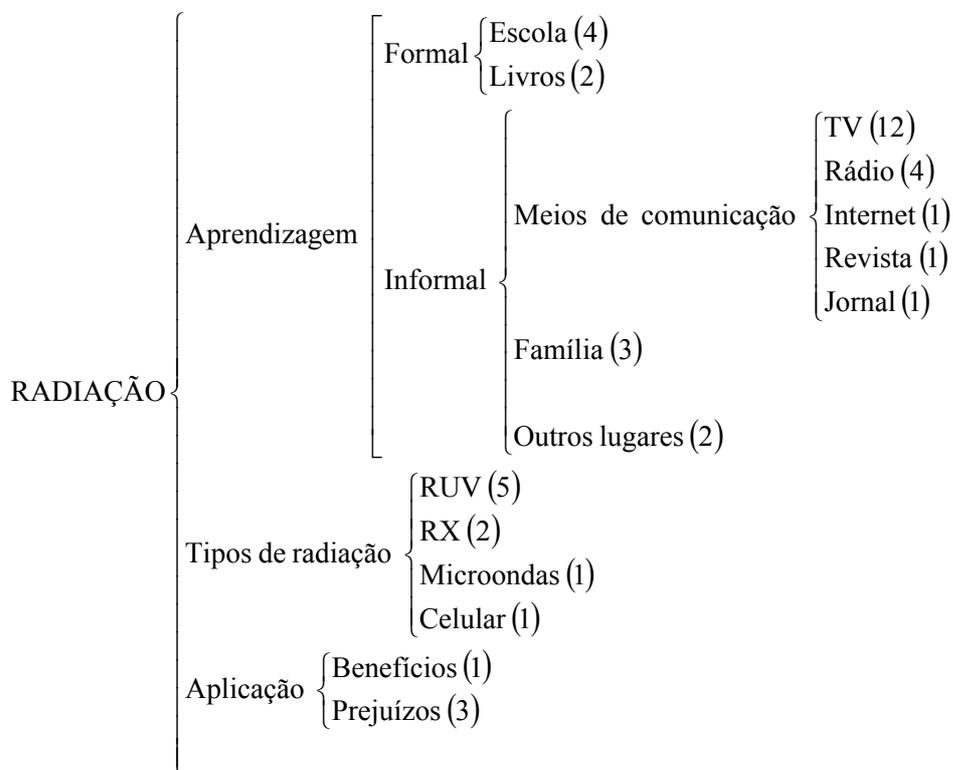
Ainda que não se tenha desenvolvido uma análise profunda das justificativas, apresentaremos as redes sistêmicas que envolvem os pensamentos dos alunos para as duas questões. Os dados foram analisados qualitativamente, mas achamos conveniente definir quantas vezes às mesmas idéias foram mencionadas, através dos números, entre parênteses, que a parecem na rede sistêmica.

A visualização das repostas, agrupada em categoria e subcategorias, com o auxílio da rede sistêmica possibilita descrever e entender melhor as representações dos alunos. A sua qualidade está dependente da riqueza da estrutura cognitiva do aluno e do significado lógico do novo material a ser apreendido.

Conforme BLISS et al. (1983) as redes sistêmicas, que são utilizadas para avaliar dados qualitativos através da categorização de seus principais aspectos, apresentam como elementos básicos o colchete e a chave, onde um colchete é usado para representar qualquer conjunto de escolhas exclusivas, desta forma, representa ou um ou outro conceito, e uma chave é usada para representar um conjunto de escolhas que ocorrem simultaneamente, ou seja, engloba todos os conceitos juntos.

Para a pergunta número 1, podemos analisar a seguinte rede sistêmica:

Questão 1: Você já ouviu falar em radiação?



REDE SISTÊMICA COM OS COMENTÁRIOS DOS ALUNOS PARA A QUESTÃO 1.

Apenas um dos alunos assinalou a alternativa de não ter ouvido falar sobre a radiação, enquanto que o restante do grupo, ou seja, os outros vinte e quatro alunos responderam que sim, que já teriam ouvido falar. A mesma questão ofereceu mais de uma possibilidade de interpretação, visto que os alunos responderam onde ouviram falar da radiação, os seus exemplos e alguns comentários sobre os seus benefícios e prejuízos, assim definimos as três subcategorias principais como consta na rede sistêmica.

A primeira subcategoria, definida como aprendizagem, expressa que o conhecimento sobre a radiação foi estabelecido através do ensino formal e do ensino informal. A divisão formal e informal deve-se as diferenças nas características do processo de ensino-aprendizagem.

Para o ensino formal classificamos as respostas relacionadas à escola, mencionadas por apenas quatro participantes, e aos livros didáticos, pois conforme GOHN (2006) a “educação formal é aquela desenvolvida na escola, nas instituições organizadas segundo diretrizes nacionais, com conteúdos previamente demarcados, historicamente sistematizados, normatizados por leis onde o educador é o professor”. E, para o ensino informal destacamos, dentre os meios de comunicação, a televisão visto que foi mencionada por doze participantes. A mesma autora define a educação informal como “aquela que os indivíduos aprendem durante seu processo de socialização, carrega valores e culturas próprias, desenvolve hábitos, atitudes, comportamentos, modos de pensar e de se expressar no uso da linguagem, onde os agentes educadores são os pais, a família em geral, os amigos, os vizinhos, colegas de escola, a igreja paroquial, os meios de comunicação de massa, etc” (GOHN, 2006).

Como decorrência desta compreensão, Valadares revela-nos que a “aprendizagem formal e informal deve ser cada vez mais significativa, o conhecimento conceitual mais transparente e o ensino escolar mais educativo e não apenas ou quase apenas informativo” (VALADARES et al, 2003, p.79).

A segunda subcategoria, definida como tipos de radiação, expressa os exemplos de radiação, destacando-se a radiação ultravioleta (RUV) que foi mencionada por cinco participantes.

A terceira subcategoria, definida como aplicação das radiações, demonstra que apenas uma das respostas caracterizou o benefício gerado pelo uso da radiação contrapondo as outras três que caracterizaram o prejuízo causado.

É importante enfatizar que, muitos alunos ao relatarem onde ouviram falar sobre a radiação, usaram as expressões “não sei especificamente o que é”, “é algo prejudicial”, “saber mesmo o que é eu não sei”, “não sei definir o que é”. Isto sugere uma insegurança ou desconhecimento do assunto.

A escola foi mencionada, por apenas quatro alunos, como o espaço que proporcionou “alguma informação”. Mesmo assim, não é percebido que a escola tenha propiciado aprofundamento dos conceitos que envolvem o tema, como por exemplo, sobre a natureza dessa energia, tampouco, sobre seus benefícios ou prejuízos no uso da

medicina em tratamento e diagnóstico, ou ainda sobre como ocorre à interação da radiação com a matéria.

As instituições de ensino formal poderiam contribuir para minimizar as lacunas da falta de conhecimento dos educandos e, assim possibilitar atender as necessidades atuais de atitudes conscientes, para reverter os efeitos nocivos da radiação na vida humana e não humana. Principalmente quando se trata da radiação solar, visto que estamos expostos diariamente aos raios solares, e ainda não despertamos hábitos necessários de cuidados com nossa pele. A radiação ultravioleta é a principal responsável pelo desenvolvimento do câncer e o envelhecimento da pele, o Instituto Nacional do Câncer (Inca) estimou para o ano de 2008, válido também para o ano de 2009, que ocorrerão 466.730 novos casos de câncer no Brasil onde, são esperados “115 mil casos novos para o câncer de pele, do tipo não melanoma onde, 55.890 entre homens e de 59.120 nas mulheres”. Esses valores correspondem a um risco estimado de “59 casos novos a cada 100 mil homens e de 61 para cada 100 mil mulheres” (INCA, 2007, p.37).

O governo tem promovido campanhas de saúde pública para alertar a população contra o uso de cigarro, bebidas alcoólicas, exposição indevida ao sol, alimentação inadequada, com o objetivo de diminuir os diversos tipos de câncer no Brasil. Mas, estas campanhas veiculadas aos meios de comunicação como televisão, rádio entre outros, ainda não tem sido suficiente para informar de maneira necessária e conscientizar a população, pois os dados estatísticos a cada ano apontam o crescente número de novos casos desta doença.

Os alunos responderam ter algum tipo de informação sobre as radiações através dos meios de comunicação, ou seja, da aprendizagem informal que, embora seja importante ela, implica na reprodução do conhecimento “segundo os modos e as formas como foram apreendidas e codificadas”, não requer aprofundamento ou problematizações dos conceitos e das teorias envolvidas, o que então poderia ser atribuído ao sistema formal de ensino (GOHN, 2006). Talvez esta associação mecânica de novas informações possa justificar a falta de cuidado existente na sociedade para assuntos que envolvam o uso da radiação e suas aplicações no cotidiano, podemos citar como outro exemplo importante, sendo necessária cautela quando houver exposição, os exames médicos que utilizam os raios-X.

O estilo de aprendizagem que ocorre quando há pouca ou nenhuma associação entre novas informações e a estrutura cognitiva do aprendiz, para Ausubel, seria

chamada de “aprendizagem mecânica”, visto que a nova informação é armazenada de forma arbitrária na estrutura cognitiva. Ou seja: “o conhecimento adquirido fica arbitrariamente distribuído na estrutura cognitiva sem ligar-se a conceitos subsunções específicos” (MOREIRA et al, 1982).

Ainda que tal estilo contraste com a aprendizagem significativa, este se faz necessário quando um indivíduo adquire informação numa área de conhecimento completamente nova para ele. Mas para que a aprendizagem mecânica se torne significativa, ou seja, até que alguns elementos de conhecimento existam na estrutura cognitiva é preciso que se desenvolvam atividades com os alunos, para que os novos conhecimentos possam ficar cada vez mais elaborados e mais capazes de ancorar novas informações, com mais propriedades para os educandos.

De acordo com a teoria Ausubel, recomenda-se como estratégia para manipular a estrutura cognitiva, “o uso de organizadores prévios, que seriam materiais introdutórios apresentados antes do próprio material a ser aprendido e teriam a função de servir de pontes cognitivas entre o que o aprendiz já sabe e o que ele deve saber, buscando-se garantir que a aprendizagem seja significativa”. (MOREIRA et al, 1982).

Para a pergunta número 2, podemos analisar a seguinte rede sistêmica:

Questão 2: Dos símbolos abaixo qual está relacionado com radiação:

SÍMBOLOS	{	Inflamável (0)
		Tóxico (1)
		Corrosivo (0)
		Radioativo (12)
		Explosivo (10)
		Não Sabiam (4)

REDE SISTÊMICA COM OS COMENTÁRIOS DOS ALUNOS PARA A QUESTÃO 2.

A questão 02 apresentou cinco símbolos, dos quais somente um estava relacionado com a radiação.

De acordo com a rede sistêmica, apenas um dos participantes assinalou a alternativa referente às substâncias tóxicas, quatro assinalaram não saber qual das alternativas estava relacionado com a radiação, dez assinalaram o símbolo que

identificava substâncias explosivas, enquanto que os outros doze participantes associaram corretamente o símbolo com seu significado.

Porém destes doze alunos, que identificaram a alternativa correta, dois deles marcaram simultaneamente dois símbolos, sugerindo incerteza. Podemos então estabelecer que, dez participantes associaram corretamente o símbolo radioativo.

O número de participantes, que fez a associação correta, foi considerado satisfatório, ainda que este símbolo tenha aplicação no cotidiano da sociedade como, por exemplo, é comum em hospitais e consultórios odontológicos com salas de RX, em clínicas de radioterapia e de medicina nuclear, fator que poderia facilitar o seu reconhecimento e potencializar maior identificação, pelo restante do grupo. Mas, também entendemos que a rotina hospitalar pode não fazer parte da vida do educando, de maneira que não seria através destes locais o reconhecimento do símbolo internacional da radiação.

De acordo com os resultados desta análise, o ideal seria que um número maior de participantes identificasse corretamente o símbolo das radiações. Com isto, torna-se necessário um olhar atento por parte dos educadores para melhorar esta realidade e, assim evitar transtornos gerados pela falta de informação sobre a radiação como, por exemplo, o grave acidente ocorrido na cidade de Goiânia, Estado de Goiás, em setembro de 1987.

O acidente foi causado por dois catadores de papel que, no dia 13 de setembro, invadiram o Instituto Goiano de Radioterapia (IGR) que estava desativado e abandonado e, levaram para comercializar um aparelho de radioterapia usado no tratamento contra o câncer. Os dois catadores de papel, visando os lucros com a venda do equipamento, evidenciaram, ao violar a clínica, o desconhecimento do material coletado, que continha advertências quanto à radiação ionizante. Dentro deste aparelho havia “um cilindro metálico, de aproximadamente 3,6 cm de diâmetro e 3,0 cm de altura com um pó, o cloreto de cério (césio-137), empastilhado juntamente com um aglutinante” (OKUNO, 1988, p.1).

Os efeitos causados pela exposição à radiação do césio-137 não demoraram a aparecer, e muitas pessoas foram atingidas direta e indiretamente.

5. UNIDADE DE APRENDIZAGEM (UA)

Após desenvolver o primeiro questionário, nos encontros posteriores, iniciamos (professor-aluno) diversas atividades planejadas com intuito de construir os conceitos científicos necessários para, desta forma, tentar ultrapassar as concepções prévias de senso comum. Mesmo com a grande importância dos conhecimentos prévios, onde os novos conhecimentos são ancorados, estes devem ser superados para que outros desafios sejam impostos, efetivando uma educação de qualidade.

Para organizar o material a ser trabalhado em sala de aula, já mencionado anteriormente, buscamos auxílio em livros didáticos de Física do ensino médio. Mas, por se tratar de um assunto ainda pouco desenvolvido no contexto escolar, acabamos não encontrando materiais da forma como planejávamos, ou seja, contextualizando a Física com outras ciências e com o cotidiano do educando.

Com isto, percebemos que a proposta teria que partir de nossa própria criação e elaboração. Utilizamos como metodologia o desenvolvimento de uma unidade de aprendizagem para problematizar alguns tópicos sobre a radiação. O objetivo principal foi trabalhar com este conceito focando sempre a saúde, discutindo tratamentos que fazem o uso da radiação como em radioterapia, ou em diagnósticos como o uso de raios-X, ainda levando em consideração a prevenção do câncer de pele com o estudo da radiação ultravioleta. Segundo GALIAZZI (et al, 2004, p.72) um dos princípios metodológicos da UA é trabalhar em sala de aula sustentados pelo questionamento, pelo diálogo, pela leitura, pela escrita, pela construção de argumentos mais complexos, porque entendemos que isso nos torna, enquanto alunos e professores, mais competentes.

Para a organização do trabalho docente, envolvendo a unidade de aprendizagem, estabelecemos relações com a proposta do DELIZOICOV (et al,1992, p.29), onde são fundamentados três momentos pedagógicos, apresentados a seguir.

1º) Problematização inicial

São apresentadas questões/situações para discussão com os alunos. Mais do que simples motivação para se introduzir um conteúdo específico, a problematização inicial visa à ligação desse conteúdo com situações reais que os alunos conhecem e presenciavam, mas que não conseguem interpretar completa ou corretamente porque provavelmente não dispõem de conhecimentos científicos suficientes.

2º) Organização do conhecimento

Os conhecimentos de Física necessários para a compreensão do tema central e da problematização inicial serão sistematicamente estudados neste momento, sob orientação do professor. Definições, conceitos, relações, leis, apresentadas no texto introdutório, serão agora aprofundados.

3º) Aplicação do conhecimento

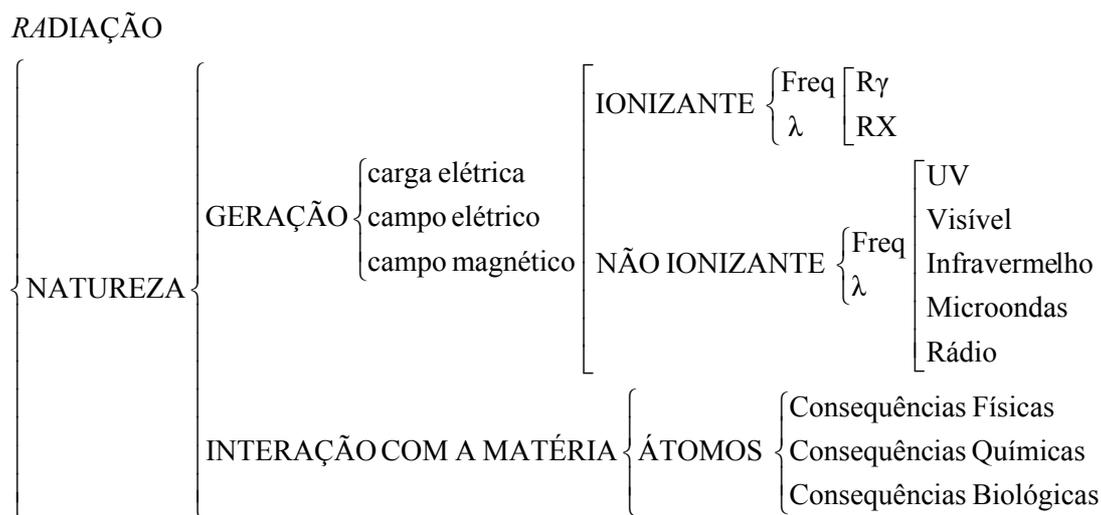
Destina-se, sobretudo, a abordar sistematicamente o conhecimento que vem sendo incorporado pelo aluno para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinam o seu estudo, como outras situações que não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, mas que são explicadas pelo mesmo conhecimento.

Com estes três momentos, buscamos relacionar a teoria do conhecimento científico na disciplina de Física com as aplicações no cotidiano, para os seguintes subtemas:

- 1) Raios Gama (acidente de Goiânia, radioterapia);
- 2) Raios X (proteção individual);
- 3) Raios ultravioletas (exposição ao sol, prevenção, câncer de pele);
- 4) Diagnóstico e tratamento de doenças com o uso de radiação.

Aproveitamos para relatar, também, como se deu esta experiência em sala de aula, mas para isso vamos descrever apenas as atividades que envolveram o Acidente de Goiânia (AG).

Antes de iniciar as discussões propriamente dita do AG, foram lembrados, apresentados e sistematizados, de forma participativa com os alunos, alguns conceitos sobre a radiação de acordo com a rede sistêmica a seguir:



REDE SISTÊMICA COM OS CONCEITOS DESENVOLVIDOS NA UNIDADE DE APRENDIZAGEM.

Muitos conceitos não eram novos, porém percebemos lacunas em sua compreensão, alguns alunos não conseguiam relacionar às teorias com outras ciências envolvidas, por exemplo, com a Química e a Biologia, ou ainda apresentavam dificuldades com a própria disciplina de Física.

Por exemplo, perguntamos qual era a constituição humana e facilmente ouvimos as palavras: órgão, tecidos, células, sistemas, aparelhos, mas em nenhum momento a palavra átomo foi mencionada, visto que os seres vivos são constituídos principalmente por átomos de carbono (C), hidrogênio (H), oxigênio (O) e nitrogênio (N), e esses átomos quando combinados entre si constituem a base das moléculas biológicas (água, gordura, proteínas etc). A “interação das radiações ionizantes com a matéria é um processo que se passa em nível atômico, ao atravessarem um material, estas radiações transferem energia para as partículas que forem encontradas em sua trajetória” (OKUNO, 1988).

Anteriormente, quando perguntamos o que entendiam ser um átomo, alguns tinham na “ponta da língua” o seu conceito “menor porção da matéria”, mas quando perguntamos sobre a constituição humana não houve então, a relação de que somos constituídos de átomos, o que aparentemente demonstra a dificuldade em atrelar os significados dos conceitos.

Segundo a teoria de Ausubel muitas vezes um indivíduo pode aprender algo mecanicamente e só mais tarde percebe que este se relaciona com algum conhecimento anterior já dominado. Sobretudo, “quando o material a ser aprendido não consegue ligar-se a algo já conhecido, ocorre à aprendizagem mecânica. Ou seja: isto ocorre quando as

novas informações são aprendidas sem interagirem com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva”. (VALADARES et al, 2003).

Após essa revisão de conceitos, começamos a trabalhar com o Acidente de Goiânia onde o propósito foi sensibilizar os alunos e, através da emoção despertar maior interesse pelo assunto.

O Acidente de Goiânia foi apresentado de acordo com os momentos pedagógicos, mencionados anteriormente, propostos por DELIZOICOV (et al,1992,) com isto, fizemos as seguintes problematizações iniciais, o que representou o primeiro momento pedagógico:

- 1) O que é radioterapia?
- 2) Como a radiação cura o câncer?
- 3) O que você sentiu ao saber do acidente do Goiânia?
- 4) Como o acidente poderia ter sido evitado?

No final do encontro, os alunos que estavam em duplas, entregaram as respostas para algumas dessas questões de acordo com seu entendimento, ou seja, da sua leitura sobre a atividade proposta. A coleta deste material correspondeu à aplicação do conhecimento, ou seja, o terceiro momento pedagógico, que seria a interpretação e apropriação dos significados, dos conhecimentos científicos pelos alunos. A esta apropriação dos significados, seria o que Ausubel chama de “realizar aprendizagens significativas por si próprios, o que é o mesmo que aprender a aprender. Assim, garantem-se a compreensão e a facilitação de novas aprendizagens ao ter-se um suporte básico na estrutura cognitiva prévia construída pelo sujeito” (PELIZZARI et al, 2002, p.40).

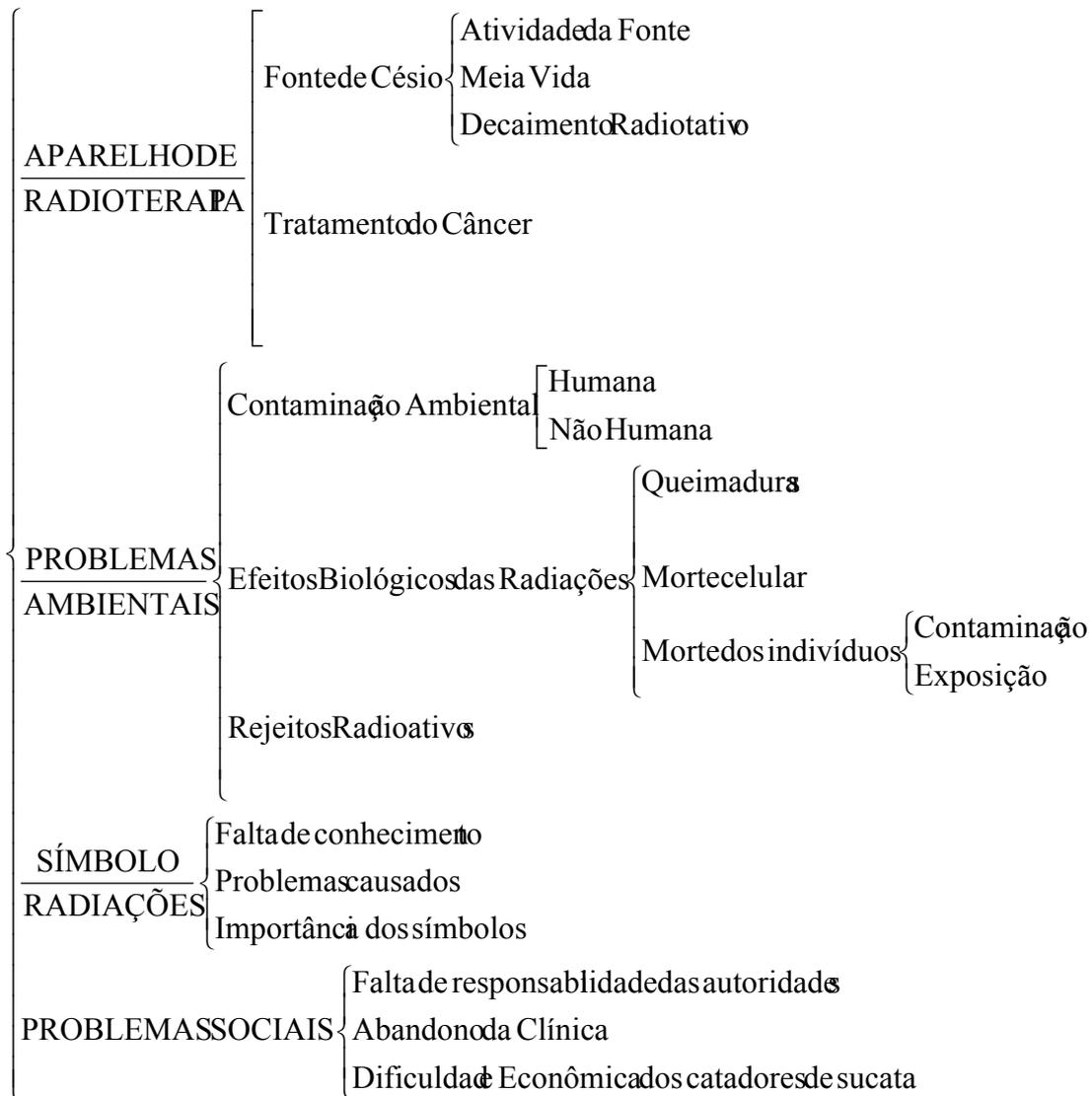
Para sistematizar esta atividade, foi perguntado se já tinham ouvido algo sobre o Acidente de Goiânia, onde um aluno falou “algo que aconteceu com catadores de lixo”, sua resposta foi motivo de surpresa para o restante de seus colegas, que inicialmente não demonstraram nenhum conhecimento sobre o caso.

Relatamos um pouco da história do acidente, na tentativa de possivelmente recordar os fatos, mas realmente os alunos não o conheciam. Lembrando que o Acidente de Goiânia se deu quando um aparelho de radioterapia (usado para o tratamento de câncer), em desuso, foi levado no dia 13 de setembro, por dois catadores de papel, de um prédio abandonado e vendido a um ferro-velho (OKUNO, 1988).

O acidente não teria sido tão trágico se a fonte radioativa de césio-137 não tivesse sido violada. O fato se deu pela união do descaso das autoridades e pelo desconhecimento, ou ação ingênua do catador de sucata que não soube identificar o símbolo internacional das radiações, violando o aparelho, e com isto desencadeando problemas gravíssimos de saúde para si, para outras pessoas e todo seu entorno ecológico (OKUNO, 1988).

Usamos como recurso pedagógico, para a sistematização do conhecimento científico, as fotos reais do local, na época do acidente, onde na medida em que discutíamos os conceitos Físicos envolvidos, visualizávamos essa triste realidade. Sobre o acidente de Goiânia foram discutidos os seguintes aspectos da rede sistêmica:

ACIDENTE DE GOIÂNIA



Buscamos através do diálogo com os alunos apresentar a teoria Física envolvida, construindo os conceitos e relacionando à atividade prática, de forma a tornar o aprendizado mais significativo e atrativo para o educando.

A cada foto mostrada, com sua respectiva relação aos conceitos envolvidos, se instalava diversos sentimentos por parte dos alunos. Apresentaremos aqui alguns dos depoimentos, dos educandos, correspondentes às respostas das problematizações iniciais.

A partir destes depoimentos, temos interesse em entender os processos pelos quais ocorre à apropriação e construção dos significados da teoria pelos alunos, tarefa que será desenvolvida no próximo momento da análise.

“Tive sentimento de indignação e revolta, pelo descaso com o local que continha o composto tão perigoso, estar abandonado” ·

“Eu senti que a vida é destruída facilmente por pessoas sem instruções”.

“Se as pessoas tivessem conhecimento do que é a radiação e suas possíveis conseqüências talvez tivessem mais cuidado”.

“Percebi o quanto o conhecimento faz falta..... Nos encontramos em situações onde é preciso saber o que fazer”.

De acordo com os depoimentos, podemos perceber o envolvimento dos alunos em relação à atividade proposta, com isto, muitas curiosidades foram surgindo no decorrer dos encontros. Em momentos posteriores, os alunos relatavam que haviam compartilhado as informações que havíamos discutido em aula, com seus pais, amigos entre outros.

Uma das alunas disse que gostaria de trazer um de seus amigos para ver as fotos do acidente, pois o mesmo não acreditava em sua fala, ao contar que houve uma grande área contaminada, assim como grandes prejuízos a saúde de pessoas, onde algumas inclusive morreram pelo excesso de exposição e contaminação decorrente do pó de césio radioativo.

A partir desta intervenção, alguns alunos começavam a prestar a atenção nos noticiários, nos hospitais identificando o símbolo internacional das radiações. Duas meninas levavam para a aula revistas que descreviam equipamentos médicos que usavam a radiação, compartilhando com os colegas as novas descobertas sobre o tema,

ou seja, participando de uma nova realidade que poderia passar sem importância caso não tivesse o envolvimento na escola.

Todo o ato de educar tem em si uma causa, uma ideologia, então fazemos dessa busca um olhar para o cuidado da saúde e da integridade física dos indivíduos, mesmo que essa prática não seja suficiente para garantir a consciência, à escola tem que estar disponível, através de seus educadores, para proporcionar novas perspectivas.

6. REFLEXÕES SOBRE O USO DO STELLA NO ENSINO APRENDIZAGEM

Uma dificuldade obtida, ao desenvolver a rede sistêmica do AG, foi discutir os conceitos físicos do decaimento radioativo e da meia vida do césio, ainda mais por serem palavras novas para os alunos. A maior parte dos isótopos radioativos naturais formaram-se com a criação da Terra e, com o passar do tempo, alguns destes, através do decaimento radioativo, foram liberando o excesso de energia até se tornarem elementos estáveis. O decaimento radioativo ou desintegração radioativa ocorre quando o radioisótopo libera o excesso de energia, sob a forma de radiação, “se transformando em outro elemento de comportamento químico diferente, devido uma variação no número de prótons no núcleo” (CARDOSO, 2003, p.12).

O césio é um metal alcalino com um único isótopo natural estável, o Cs-133 que possui 55 prótons e 78 nêutrons. Através das “reações nucleares do urânio ou do plutônio é produzido o isótopo radioativo ^{137}Cs que, apresenta meia-vida de 30 anos e, decai em bário-137 por emissão de radiação beta e gama” (MÖLLER, sem data, p.8). Cada elemento radioativo tem sua própria meia-vida, podendo durar desde alguns segundos até muitos anos, isto quer dizer que, a meia-vida “é o tempo necessário para que a atividade do elemento seja reduzida à metade da atividade inicial” onde, a “taxa de emissões ou desintegrações em cada segundo é denominada atividade da amostra” (CARDOSO, 2003, p.13).

Estes conceitos podem ser desenvolvidos, nas aulas de Física do ensino médio, sem a necessidade de aprofundar os cálculos, visto que se trata de uma matemática avançada que iria dificultar ainda mais o aprendizado dos estudantes, neste nível de ensino.

Uma forma de entender bem estes conceitos, evitando estimular apenas a memorização, é se utilizar de programas com ferramentas computacionais como, por exemplo, o STELLA. Porém, este recurso computacional não foi desenvolvido com os alunos do ensino médio, porque na ocasião não haveria tempo para propor tal atividade,

mas é válida a sua apresentação neste momento, para refletir suas vantagens em decorrência das dificuldades expressadas anteriormente.

Primeiramente, vamos definir o que significa a palavra STELLA que traduzida para o português, é acrônimo para “Laboratório de Aprendizagem Experimental com Animação para Estruturação do Pensamento”. O Software fornece ao usuário um verdadeiro laboratório, com a possibilidade de animação gráfica, em que poderá estruturar seu pensamento no trabalho com estruturas dinâmicas, em mundos artificiais, que correspondem a objetos, eventos e processos de mundo real ou virtual (KURTZ DOS SANTOS, 2002, P.1).

No STELLA, um tanque (estoque ou nível, podendo ainda ter outras representações) representa uma quantidade cujo valor inicial pode crescer ou decrescer. Por exemplo, para fazer um modelo simples do decaimento radioativo, o tanque para este modelo representaria a Atividade (número de desintegrações por segundo) da fonte de césio 137 na época do AG, onde aproximadamente estava em torno de 1.375 Ci. O curie (Ci) é uma “unidade de medida antiga que corresponde a atividade de uma fonte radioativa onde, 1 curie é definido como sendo igual a $3,7 \times 10^{10}$ desintegrações por segundo” (TAUHATA, 2001, p.18)

Uma torneira (taxa) conectada a um tanque decide quão rápida a quantidade no tanque está mudando, várias torneiras podem ser conectadas a um tanque. Para o caso do decaimento radioativo a tendência é que o nível do tanque diminua com o passar do tempo, em decorrência das desintegrações dos átomos de césio.

A meia vida do césio 137 é de trinta anos, logo com uma atividade de 1.375 Ci, passados 30 anos este valor decai a metade, ou seja, 0.6875 Ci, passados novamente mais trinta anos a atividade se reduz a 0.34375 e assim sucessivamente, poderemos acompanhar estes valores na tabela que a ferramenta computacional também disponibiliza.

Quantidades representadas por um círculo (conversor) podem ser constantes, ou podem ser obtidas a partir de outras quantidades.

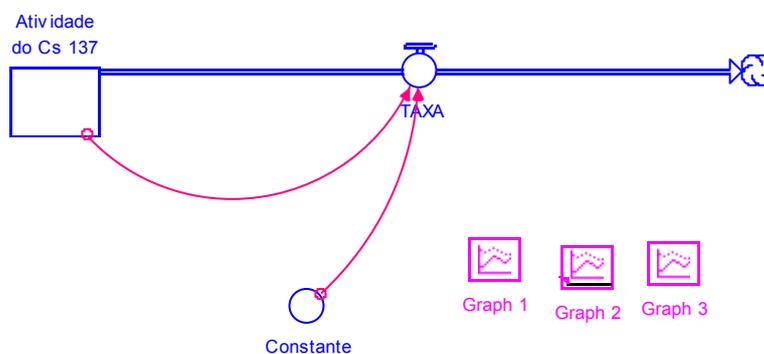
Após utilizar os diagramas do STELLA e construir o modelo para o decaimento radioativo do césio 137, de acordo com a figura abaixo, o programa permite a visualização do mesmo através da animação gráfica, onde para esta situação é representada uma curva exponencial, de acordo com o decaimento que ocorre a cada meia vida, ou seja, num período de trinta anos para o césio.

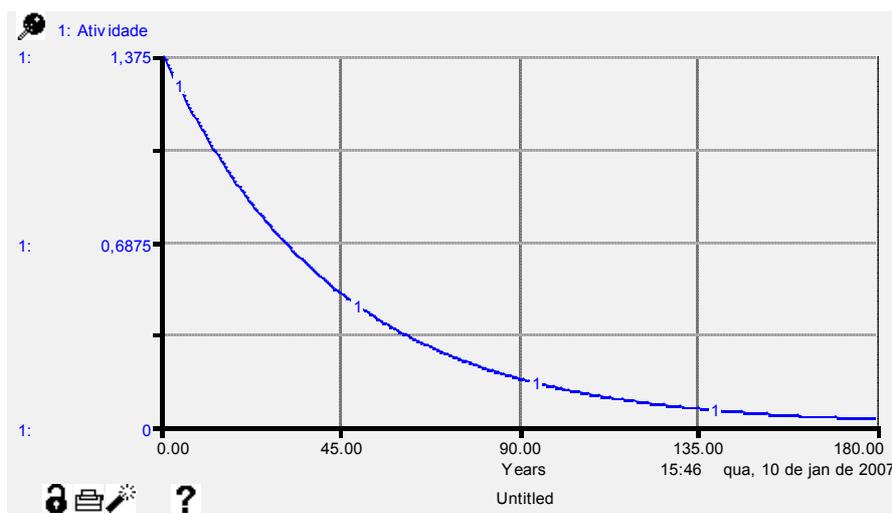
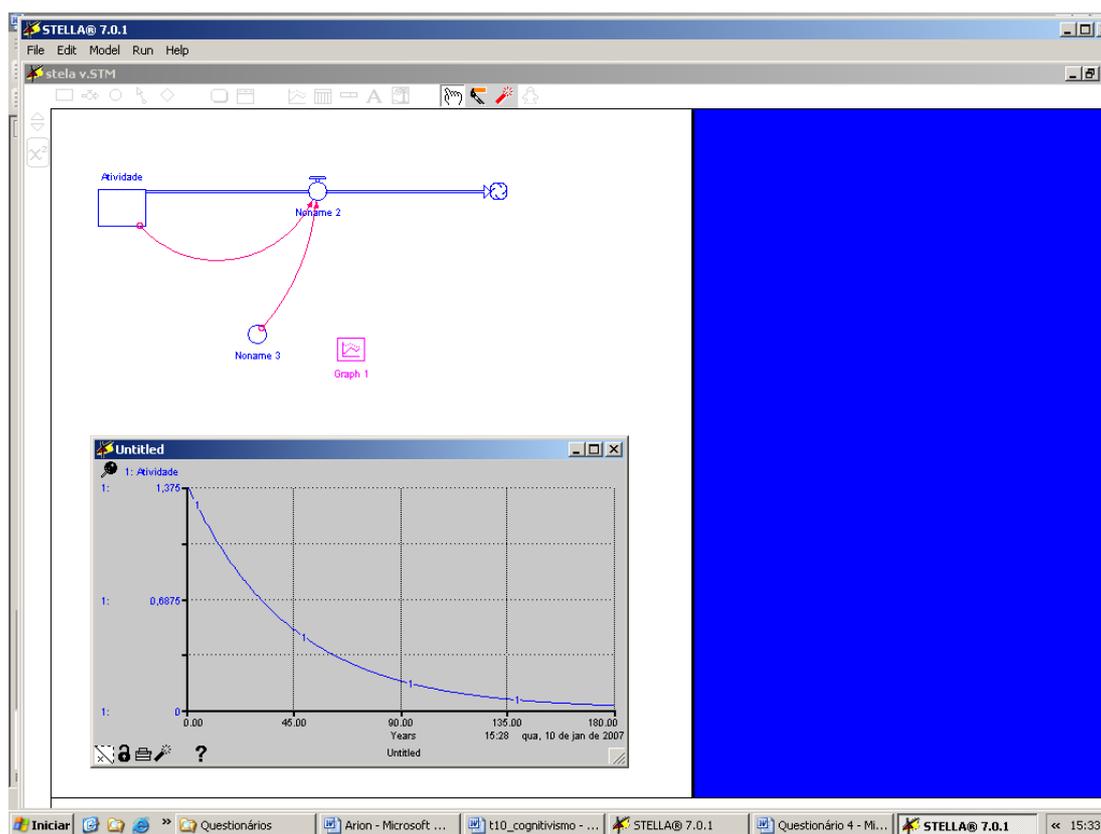
O programa de modelagem quantitativa STELLA não exige muitos conhecimentos de seus usuários sobre modelagem computacional, o que torna uma ferramenta muito flexível.

Com os simuladores o usuário poderá ter uma visão geral do comportamento do sistema apenas modificando os controladores ao ajuste dos valores iniciais dos níveis das taxas e das constantes, proporcionando um espaço de redescobertas e até mesmo lúdico para a aprendizagem. (KURTZ DOS SANTOS, 2002, p.48).

Uma grande vantagem do uso desse tipo de ferramenta, como recurso pedagógico, é oferecer ao aluno a possibilidade de simular situações de estudo, deixando-o livre para representar suas próprias idéias, comparando os seus resultados com o que se espera das teorias científicas, assim efetivar uma aprendizagem significativa compreendendo os processos pelos quais ocorrem as transformações.

Abaixo segue em anexo o modelo, com o uso da ferramenta computacional STELLA, na representação do decaimento radioativo, para o césio 137, além da saída gráfica e uma imagem da própria tela que caracteriza os ícones da ferramenta, segue também em anexo, uma tabela com os valores da atividade radioativa do césio correspondendo um período de até 180 anos, podendo-se observar com isto a redução da atividade à metade em cada meia vida de trinta anos.





Tempo (anos)	Atividade
0,0	1,38
30,0	0,69
60,0	0,34
90,0	0,17
120,0	0,09
150,0	0,04
179,5	0,02
Final	0,02

Os valores indicados na tabela facilitam a compreensão do grave acidente ocorrido em Goiânia na década de 80, devido à demonstração da meia vida do césio 137 que, necessita um período de 30 anos para que sua atividade seja reduzida à metade da atividade inicial. Com isto, naquele momento crítico vivenciado pela população de Goiânia, uma equipe da CNEN se instalou na cidade e passou a monitorar tudo, inclusive o solo, as árvores, as águas, os objetos, carros, ônibus etc. No período de 30 de setembro a 20 de dezembro de 1987, “112.800 pessoas foram monitoradas pelos técnicos, 249 apresentaram contaminação, das quais 49 tiveram que ser internadas, 10 apresentaram estado grave, uma pessoa teve que amputar o braço e, como foi citado anteriormente houve 4 óbitos” (OKUNO, 1988, p.57).

O trabalho de descontaminação, monitoração e assessoria local dos técnicos envolvidos no plano de emergência da CNEN, gerou uma grande quantidade de lixo radioativo que foram acondicionados em diversos tipos de embalagens, sendo que o volume total dos rejeitos foi de “3.461 m³, constituído de 1.400 caixas metálicas; 3.800 tambores de 200 litros; 10 containers marítimos de 32 m³ cada e 6 embalagens especiais construídas com concreto armado de 20 cm de espessura”, (OKUNO, 1988, p.57).

Os rejeitos gerados neste processo provocaram outra polêmica em Goiânia, uma vez que as autoridades de cada Estado brasileiro se recusavam a receber o entulho radioativo. Com isto, foi escolhido um local provisório para o armazenamento dos rejeitos situado cerca de 20 km do centro de Goiânia, e 2,5 km da cidade de Abadia de Goiás.

O acidente de Goiânia deixou transparecer, na época, o descaso com as clínicas que usavam radiação e, a fragilidade nas fiscalizações por parte do governo pois, “a fonte de césio-137 estava abandonada há dois anos nos escombros do Instituto Goiano de Radioterapia, que havia sido desativado após sofrer uma ação de despejo”. A irresponsabilidade das autoridades especializadas do governo juntamente com a “ignorância da população em relação a área nuclear” foram fatores decisivos para a ocorrência deste crime com a população de Goiânia, (CANDOTTI et al., 1988).

O acidente radilógico teve um impacto muito grande na sociedade causando muitos danos, podemos enfatizar os prejuízos sociais, psicológicos e econômicos. As vítimas e toda a população de Goiânia foram discriminadas, a notícia da “cidade contaminada provocou um impacto sócio-econômico significativo”, os comerciantes não conseguiam vender seus produtos que eram rejeitados”, (CANDOTTI et al., 1988).

O acidente de Goiânia não pode ser esquecido, é preciso refletir sobre todos os seus aspectos para, no mínimo, aprender algumas lições com este triste acontecimento. A escola, enquanto ambiente educativo, e os professores, enquanto agentes deste processo, desenvolvem um papel essencial e podem contribuir a fim de melhorar o entendimento sobre a energia nuclear.

Surpreendente é pensar que tudo seria diferente e, que tudo o que ocorreu em Goiânia poderia ter sido evitado se as pessoas envolvidas tivessem um conhecimento mínimo sobre o tipo de material estavam manipulando e se as autoridades não tivessem sido negligentes no abandono da fonte radioativa. Como o fato já ocorreu, tem que ficar a lição, nos resta então o compromisso de olhar com mais cuidado a educação escolar, de promover um conhecimento contextualizado com o cotidiano do educando, para nos tornar cidadãos mais conscientes e atuantes, aptos a exigir dos governantes mais responsabilidades sociais evitando novas catástrofes.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Todas as atividades desenvolvidas e relatadas neste trabalho demonstraram algumas possíveis alternativas para trabalhar com o tema Radiação, lembrando que o objetivo principal dessa proposta foi mostrar que através da educação, no espaço escolar, é possível promover conhecimento de qualidade, para então poder aplicar estes no cotidiano minimizando problemas sociais como os relacionados com a saúde.

Após trabalhar às radiações no ensino de Física, gostaríamos que os educandos refletissem sobre a exposição indevida a todas as formas de radiações, principalmente aos raios ultravioletas provenientes do sol, e que exigissem seus direitos de proteção ao fazer exames como os de raio-X, ou mesmo não se deparassem com tantas dúvidas ao enfrentar tratamentos onde se faz uso de radiação.

Hábitos são difíceis de mudar, para haver mudança é preciso haver conhecimento, conscientização, este processo, muitas vezes, leva tempo para ocorrer.

Mas, acreditamos que não seria ético de nossa parte fechar os olhos para esta realidade e não discutir esse tema tão atual com os alunos. Nossa responsabilidade enquanto educadores é mostrar outras possibilidades para que o aluno possa ter o direito e a liberdade de escolha.

Em tempos de descrença e desmotivação para buscar alternativas que possibilitem mudanças nos patamares da sociedade, não temos a pretensão de mudar imediatamente os hábitos e as prioridades da comunidade. Ao mesmo tempo, entendemos que a

educação não pode ser banalizada, torna-se relevante refletir sobre as prioridades do currículo nas escolas.

No que se refere ao contexto social do educando algo deve ser feito ao menos no sentido de troca de experiências.

REFERÊNCIAS

BLISS, Joan. OGBORN, Jon. **Tools for Exploratory Learning. A Research Programme. Journal of Computer Assisted Learning**, 5:37-50, 1989.

_____. et al. *Quantitative Data Analysis for Education Research: a guide of systemic networks*. London: Croom Helm. 215p, 1983.

_____. *From Mental Models to Modelling*. In Mellar, H.; _____.; Boohan, R. Ogborn, J. & Tompsett, C. (eds.) *Learning With Artificial Worlds: Computer Based Modelling in the Curriculum*. London: The Falmer Press, 117-27, 1994.

BRASIL. **Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: MEC, 1999. Disponível em: http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN_FIS.pdf

CALLONI, Humberto. **Os sentidos da Interdisciplinaridade: Diálogos que Instalamos Buscas**. Pelotas: Seiva, 2006.

CANDOTTI, Ennio et al. **É preciso não esquecer Goiânia**. *Ciência Hoje, Suplemento*. São Paulo, v. 7, n. 40, 1-48, Março, 1988.

CARDOSO, Eliezer M. **Programa De Integração Cnen – Pic Módulo Informação Técnica**. Apostila Educativa da CNEN, 2003. Disponível em: <http://www.cnen.gov.br/ensino/apostilas.asp>

DELIZOICOV, Demétrio. ANGOTTI, José A. **Física**. São Paulo: Cortez, 1992.

ERTHAL, João P.C, LINHARES, Marília P. **A Física Das Radiações Eletromagnéticas E O Cotidiano Dos Alunos Do Ensino Médio: Construção De Uma Proposta De Ensino**. Atas do V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, n.5, 2005.

GALIAZZI, Maria C. GARCIA, Fabiane A. LINDEMANN, Renata H. **Construindo Caleidoscópios: organizando unidades de aprendizagem. Educação em Ciências**. Ijuí: Unijuí, 2004.

GOHN, Maria G. Educação não-formal, participação da sociedade civil e estruturas colegiadas nas escolas. **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**. Rio de Janeiro: v.14, n.50, 27-38, Jan/Mar. 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ensaio/v14n50/30405.pdf>

INSTITUTO NACIONAL DO CÂNCER – INCA. Disponível em: <http://www.inca.gov.br>

KURTZ, Arion C.S. **Modelagem Computacional Utilizando STELLA: considerações teóricas e aplicações em gerenciamento, física e ecologia de sistemas.** Rio Grande: Ed. da Furg, 2002.

MÖLLER, Sergio V. **Aplicações Industriais das Radiações Ionizantes Radioatividade. Curso de Especialização em Ciências Radiológicas.** Departamento de Engenharia Nuclear. Porto Alegre: UFRGS, sem data. Disponível em: <http://www.segurancaetrabalho.com.br/download/radioatividade.pdf>

MOREIRA, Marco A. Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa. Revista Galáico Portuguesa de Sócio-Pedagogia e Sócio-Linguística, Pontevedra/Galícia/Espanha e Braga/Portugal, n. 23 a 28, 87-95, 1988. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf>

MOREIRA, Marco A. MASINI, Elcie F. S. **Aprendizagem Significativa: A teoria de David Ausubel.** São Paulo: Ed. Moraes, 1982.

MOREIRA, Marco A. **Aprendizagem Significativa Crítica.** III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa. Publicada nas Atas deste Encontro, 33-45, com o título original de Aprendizagem significativa subversiva. Lisboa (Peniche), 2000. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigcritport.pdf>

MOREIRA, Marco A. **Linguagem e Aprendizagem Significativa.** Conferência de encerramento do IV Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa. Maragogi, AL, 2003. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/linguagem.pdf>

MORIN, Edgar, MOIGNE, Jean L.L. **A Inteligência da Complexidade.** São Paulo: Ed. Peirópolis, 2000.

OKUNO, Emico. **Radiação: Efeitos, Riscos e Benefícios.** São Paulo: Harbra, 1988.

PELIZZARI, Adriana. KRIEGL, Maria L. BARON, Márcia P. FINCK, Nelcy T.L. DOROCINSKI, Solange I. **Teoria da Aprendizagem Significativa Segundo Ausubel.** Revista PEC. Curitiba, v.2, 37-42, 2002. Disponível em: http://www.bomjesus.br/publicacoes/pdf/revista_PEC/teoria_da_aprendizagem.pdf

REGO, Tereza C. **Vygostsky: uma perspectiva histórico-cultural da educação.** Petrópolis, RJ: Vozes, 1995.

TAUHATA, Luiz. SALATI, Ivan P.A. PRINZIO, Renato D. PRINZIO, Antonieta R.D. **Radioproteção e Dosimetria: Fundamentos.** Rio de Janeiro: IRD/CNEN, 3º v, Abril, 2001.

VALADARES, Jorge. FONSECA, Fédora. **Uma Estratégia Construtivista E Investigativa Para O Ensino Da Óptica.** Ata do X Encontro Nacional de Educação em Ciências, Departamento de Educação da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa & Centro de Investigação em Educação da FCUL, 2003. Disponível em: www.fc.unesp.br/abrapec/revistas/v4n3a5.pdf