

# A produção de raios X contextualizada por meio do enfoque CTS\*: um caminho para introduzir tópicos de FMC\*\* no ensino médio

---

## *The production of X ray contextualized by means of STS approach: a way to insert topics of FMC in high school*

Adão José de Souza<sup>1</sup>  
Mauro Sérgio Teixeira de Araújo<sup>2</sup>

### RESUMO

Neste trabalho investigamos a inserção de tópicos de Física Moderna para alunos do Ensino Médio, abordando radiações eletromagnéticas e a produção de raios X, sua aplicação como diagnóstico médico e possíveis formas de proteção radiológica, contribuindo para a atualização curricular do Ensino de Física, por meio de uma abordagem interdisciplinar com as áreas de Matemática e Biologia.

A metodologia fundamenta-se na Aprendizagem Significativa e no Educar pela Pesquisa, empregando ainda o enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) e contemplando aspectos da Aprendizagem Centrada em Eventos (ACE). Para isso, consideramos elementos essenciais como o levantamento de conhecimentos prévios dos alunos e a realização de pesquisas e consultas em periódicos, realização de relatórios e seminários, além da exposição de cartazes.

Como resultado, promovemos a aprendizagem empregando uma concepção cidadã de Educação contextualizando os conceitos físicos, contribuindo

\* Ciência, Tecnologia e Sociedade.

\*\* Física Moderna e Contemporânea.

1 Mestre em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade Cruzeiro do Sul; Docente efetivo da rede estadual de ensino de São Paulo, na E. E. Professor Licínio Carpinelli, Guarulhos, São Paulo, Brasil. E-mail: adaaj@ig.com.br

2 Doutor em Física pela Universidade de São Paulo, Professor Titular da Universidade Cruzeiro do Sul, São Paulo, Brasil. E-mail: mstaraujo@uol.com.br.

para que os estudantes compreendam conceitos científicos úteis para o entendimento de fenômenos naturais que apresentam implicações relevantes para a sua vida, permitindo que se posicionem perante questões tecnológicas e científicas.

As respostas dos alunos ao final da pesquisa indicam que a aprendizagem conceitual se efetivou estruturada no aprender a aprender, que ampliou a sua autonomia de ação e de pensamento. Os resultados indicam ainda que a intervenção proporcionou grande interação entre os alunos e o professor, possibilitou intensos e ricos momentos de debates e reflexões, permitindo introduzir importantes tópicos de Física Moderna.

*Palavras-chave:* Ensino de Ciências; Física Moderna e Contemporânea; CTS; raios X.

### ABSTRACT

In this work we investigate the insertion of topics of Modern Physics for high school students, by dealing with electromagnetic radiations and the production of X rays, its application as medical diagnosis and possible forms of radiological protection. We attempt to update the physics curriculum through an interdisciplinary approach with Mathematics and Biology areas. The methodology is based on both approaches: the Meaningful Learning and Education by Research. We also use the Science, Technology and Society approach (STS) and comprise aspects of the Learning Centered in Events (LCE). Therefore, we consider some essential elements as the survey of pupils' previous knowledge, the researching process and consults to periodicals. In addition, we took into account the reports and seminars and posters exhibition. As result, we promote the learning using a civic conception of Education by contextualizing the physical concepts, contributing to the students' understanding of useful scientific concepts allowing them to understand some natural phenomena which have relevant implications to their lives. Thus permitting them to position themselves towards technological and scientific issues. The students' answers at the end of the research indicate that the conceptual learning was accomplished structuralized in learning to learn, which has broaden their independence concerning their actions and thoughts. The results also indicate that the intervention provided great interaction between the students and the teacher; it also made intense and rich moments of debates and reflections possible, allowing the introduction of important Modern Physics topics.

*Keywords:* Science teaching; Modern and Contemporary Physics; STS; X rays.

## Introdução

Segundo Ostermann e Moreira (2000), o número de publicações abordando conteúdos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) disponível para os professores são fartos, embora a quantidade de pesquisas relacionadas à abordagem desses tópicos em sala de aula ainda seja escassa. Por outro lado, nos últimos anos houve uma grande modernização dos livros didáticos do Ensino Médio, que passaram a contemplar alguns temas relacionados à FMC.

As salas de aula do Ensino Médio podem ser caracterizadas por conter dezenas de jovens com interesses particulares diferenciados, com seus desejos e incertezas, muitas vezes não percebendo a utilidade prática do que é ensinado na escola. Em geral os alunos que já passaram pelo Ensino Fundamental são capazes de perceber as características do professor e reconhecer o tédio do trabalho repetitivo (PERRENOUD, 2000).

Esse quadro desalentador, que retrata em parte o pensamento dos alunos, é constatado no trabalho de Benjamin e Teixeira (2001). Nesse trabalho, os autores levam um livro paradidático para a sala de aula, abordando o tema energia e meio ambiente, e perguntam aos alunos se é importante estudar energia. A resposta afirmando que esse assunto não tem nada a ver com suas vidas e o fato de outros alunos responderem com uma pergunta indagando se tal assunto é tema do vestibular, revela o pensamento inadequado dos alunos. Essa postura indica que se não for abordado um tema do vestibular, o interesse do aluno será nulo e, assim, eximem-se de qualquer responsabilidade ou trabalho de dedicar estudo ao tema proposto.

Silva e Pacca (2004) em sua pesquisa sobre a motivação dos alunos em aulas de Física, constatam que na sala de aula encontram-se grupos impermeáveis de alunos. Esses alunos discutem temas como futebol, novela e namorados, obrigando o professor a falar, em meio à balbúrdia, para um ou dois interessados nas primeiras carteiras, passando a matéria na lousa e no final rubrica o caderno para apresentar como avaliação. O professor não consegue penetrar o mundo de interesses desses grupos fechados, infelizmente aparentando serem habitantes de mundos diferentes.

Entendendo que os problemas e dificuldades que afetam a Educação em geral são muitos, acreditamos ser relevante nos perguntarmos: Como inserir tópicos de Física Moderna e Contemporânea para alunos que normalmente apresentam forte resistência à aprendizagem em Física? Esse quadro é agravado quando consideramos que:

- a) As disciplinas de exatas demandam grande atenção e concentração;

**b)** Segundo Perrenoud (2000), cada aluno vivencia a aula conforme seu humor e a disponibilidade do que ouve e compreende, de acordo com seus próprios recursos intelectuais;

**c)** Nenhum professor trabalha apenas com alunos motivados.

Como consequência desses problemas, verifica-se um bloqueio dos alunos frente a essas disciplinas, sendo comum ouvirmos frases dizendo que não gostam de Física por se tratar de uma matéria difícil, enquanto alguns alunos questionam a sua utilidade prática.

Apesar dessa concepção dos estudantes, é inegável que os avanços tecnológicos advindos da ciência Física estão presentes no seu dia a dia, em um chip de computador com seus circuitos integrados, ao tirar uma radiografia e em diversas situações propiciadas pelos avanços decorrentes da FMC, que abriu caminho para o uso de diversos dispositivos tecnológicos, como o laser utilizado nas leituras ópticas de códigos de barra dos produtos comercializados em lojas modernizadas, os celulares com seus sofisticados recursos, entre outros aparatos tecnológicos frutos desse desenvolvimento (CANATO JÚNIOR, 2003).

Os assuntos citados acima demonstram o quanto a FMC é atual e presente na vida da maioria dos estudantes que vivem em grandes centros, devendo, portanto, constituir um fator motivante e estimulante para a aprendizagem de Física. Entretanto, a abordagem desses produtos da FMC continua distante da realidade vivida pelo aluno, contribuindo para ampliar a rejeição ao modelo de ensino vigente. Esses problemas se refletem em diversas situações, como, por exemplo, na pesquisa feita pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento da Economia (OCDE), em 2007. Essa pesquisa apresenta o Brasil entre os quatro últimos lugares em um universo de 72 países, em que pese a pesquisa de Curi e Menezes Filho (2006) apontar que o desempenho em Matemática no Ensino Médio tende a refletir em bons salários após seis anos de formação, quando tais alunos estiverem atuando no mercado de trabalho.

Em contrapartida, acreditamos que devemos recorrer às teorias de ensino e aprendizagem para buscar elementos que subsidiem uma proposta capaz de sinalizar caminhos diferentes. Nesse sentido, a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de Ausubel e Novak (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980; MOREIRA, 2006) aponta para um ensino que deve partir daquilo que o aluno já sabe, conforme se depreende da afirmação relacionada ao processo de aprendizagem dos estudantes: “O fator mais importante que influi na aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe. Isto deve ser averiguado e o ensino deve depender desses dados” (MOREIRA, 2006, p. 13).

Além disso, a TAS defende que sejam empregados materiais potencialmente significativos para o aprendiz e introdutórios, como organizadores prévios, para a aquisição de novos conhecimentos, com a intenção de estimular a

aprendizagem. Assim, para que a aprendizagem seja significativa, o aluno deve perceber significado naquilo que está aprendendo, apropriando-se do mesmo em sua estrutura cognitiva.

Para que o aluno se aproprie significativamente é importante, segundo Pedro Demo (2003), que o professor seja um pesquisador na sua disciplina, sendo capaz de dar originalidade, um toque pessoal, fugindo de práticas desestimulantes. A postura do professor, baseado nos preceitos de Demo, facilita a aprendizagem pelos alunos e nesse sentido, encontramos respaldo na pesquisa de Bagnato e Barreiro (1992), que aponta a postura original e irrequieta do professor ao lecionar Física e a excelente receptividade dos alunos, conforme constatado no final da sua pesquisa.

Portanto, tendo em mente os diversos aspectos apontados acima, desenvolvemos uma pesquisa com trinta alunos do 2º ano do Ensino Médio, da rede particular de ensino, na qual investigamos algumas estratégias didáticas visando introduzir o tema produção de raios X, integrante da FMC, entendendo que o mesmo faz parte do contexto de vida do aluno. Para isso, empregamos uma abordagem contextualizada baseada no uso de materiais potencialmente significativos, incluindo textos científicos, buscando inclusive abordar os aspectos formais relacionados ao tema.

## **Etapas do desenvolvimento do processo de intervenção**

Ao longo do primeiro semestre de 2007 procuramos abordar em uma classe composta por trinta alunos do 2º ano do Ensino Médio, diversos temas, entre os quais: Notação Científica, Hidrostática, Vasos comunicantes, Teorema de Arquimedes, Termologia e Calorimetria, entre outros, buscando adotar uma postura docente baseada nos conceitos de Pedro Demo (2003), que enfatiza estar a razão educativa na habilidade de motivar os alunos, tornando as aulas interessantes e capazes de propiciar nos alunos a capacidade de reconstrução do seu próprio saber. Em seu conjunto, as atividades de intervenção fizeram parte de uma pesquisa qualitativa com contornos de pesquisa-ação, sendo a prática pedagógica vivenciada nesse processo pelo professor-pesquisador respaldada nas palavras de Andaloussi (2004, p. 140) ao afirmar que: “A pesquisa-ação é uma pedagogia de quem está se educando. Com ela os atores tornam-se ativos na apropriação dos conhecimentos, contrariamente à pedagogia em que são encarados como simples receptores passivos”.

Desse modo, procuramos realizar a pesquisa por meio de uma série de atividades de intervenção empregando diferentes recursos e estratégias, visando introduzir tópicos de FMC, com destaque para a produção dos raios X e a radioproteção, tema recorrente nos Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN (BRASIL, 1999) e PCN+ (BRASIL, 2002).

## **O levantamento de conhecimentos prévios**

Primeiramente, no início de abril, aplicamos um questionário composto por dez questões com a intenção de mapear os conhecimentos prévios (subsúncos) dos estudantes, relacionados ao tema de raios X e às radiações do espectro eletromagnético, buscando assim, estabelecer algumas bases do trabalho a partir daquilo que o aluno já sabe (MOREIRA, 2006).

As questões versavam sobre o que é Tecnologia, solicitava explicações sobre o que são radiações, qual exame entre radiografia, tomografia computadorizada ou ultrassom poderia ser utilizado por uma mulher grávida para diagnóstico e pedimos para justificar a indicação. Os alunos também foram questionados se já manusearam canetas com dispositivo a laser e se esse equipamento poderia causar algum tipo de dano à saúde, citando o dano.

Tendo em mente a estratégia de Aprendizagem Centrada em Eventos (ACE) (CRUZ; ZYLBERSTAJN, 2005), propusemos ainda questões relacionadas ao acidente com bronzeamento artificial relatado na mídia em 2007 (Jornal Agora, SP, Março de 2007) e pedimos para o aluno explicar o processo de bronzeamento e quais os conceitos de Física que reconheciam no seu cotidiano. Naturalmente, além dessas questões, o questionário contemplava uma pergunta central que solicitava ao aluno responder se conhece algum parente ou colega ou até ele próprio que já quebrou um dos seus membros (braço, perna ou outro) e como foi o procedimento para verificar a fratura.

Moreira e Masini (1982, p. 2) ao abordar o tema Aprendizagem Significativa apresenta uma frase que é representativa da teoria de Ausubel, relacionada ao aspecto motivacional e intencional que direciona nossas ações, onde afirma que “Se vou ver uma casa para comprar, percebo-a de modo diferente do que fosse lá para visitar amigos. O significado de ver só existe quando há algo para ser visto”.

Para Ausubel, a aprendizagem se torna significativa na medida em que há organização e interação daquilo que o aluno já sabe com a nova informação, de modo que os conceitos mais relevantes interagem com o material novo funcionando como uma ancoragem para que novas ideias sejam incorporadas na estrutura cognitiva do aprendiz.

## **Estimulando a autonomia dos estudantes por meio do aprender pela pesquisa**

Para iniciar o processo de interação entre aquilo que o aluno já sabe com o material que foi elaborado e apresentado dialogicamente, orientamos inicialmente os alunos a pesquisar cinco temas que deveriam, posteriormente, ser apresentados para a classe, ou seja: Espectro eletromagnético, Descoberta dos raios X, Radioterapia, Efeitos da radiação UV e Fontes naturais de radiação. O envolvimento dos alunos com as atividades de pesquisas propiciou ações que contribuíram para que, no final, eles fornecessem respostas abrangentes sobre a produção de raios X e radioproteção, bem como estabelecer o desenvolvimento de competências e a autonomia para a aprendizagem (LUZ; ARAÚJO; MACIEL, 2007).

As apresentações dos seminários proporcionaram aos grupos de alunos um momento de grande interação, sendo realizadas com intervalos de dez a quinze minutos, seguidas de cinco minutos para perguntas. Essa etapa da intervenção demandou três aulas de cinquenta minutos, onde foram mostrados cartazes, trazidas radiografias e fotos ilustrativas. Nas aulas subsequentes prosseguimos abordando outros temas de Física Clássica, previstos no material apostilado dos alunos, procurando manter sempre como elemento norteador de nossas ações o conceito de Educar pela Pesquisa, defendido por Pedro Demo (2003).

Na medida em que cada grupo de aluno buscou desenvolver argumentos relacionados com os dados levantados em sua pesquisa, constatamos que o processo em curso estava instigando o aprendiz a aprender por meio da descoberta do conteúdo pesquisado, sendo que a obrigação de apresentar os resultados para os demais colegas de turma tornou essa busca e descoberta potencialmente significativa (MOREIRA, 2006).

Após termos feito o mapeamento dos subsunçores presentes nos alunos utilizando o primeiro questionário e a apresentação inicial dos grupos, orientamos os alunos a realizarem novas pesquisas objetivando a elaboração de uma síntese sobre o que é o Método Científico. Na primeira quinzena de junho o material produzido pelos estudantes foi recolhido e em uma aula procuramos dialogar e salientar a importância do cientista, de seus métodos e hipóteses de trabalho para analisar um fenômeno. Nessa etapa, explanamos pela primeira vez sobre a produção de raios X em uma unidade hospitalar, abordando ainda a radioproteção e a radiografia, abrindo caminho para as etapas seguintes da intervenção.

Nesse momento da pesquisa constatamos dois aspectos previstos na TAS, ou seja, a aprendizagem por descoberta quando o aluno buscou por meio de

pesquisas obter as informações necessárias e a aprendizagem por recepção, quando então coube ao professor discorrer sobre alguns conceitos e informações importantes. Nas escolas normalmente predomina a aprendizagem por recepção, processo criticado pelos defensores da aprendizagem por descoberta. Segundo Ausubel, a aprendizagem por descoberta pode ser adequada a certas finalidades, como aprendizagem de procedimentos científicos, enquanto a aprendizagem por recepção mostra-se mais eficaz para a aquisição de grandes corpos de conhecimentos, como estimulado nesta pesquisa (MOREIRA, 2006).

Na sequência, procuramos estabelecer uma conexão com o material didático utilizado pelos alunos, o qual trata do tema Óptica Geométrica, ao fornecer uma abordagem histórica que discute a busca dos cientistas para definir o que é a luz. Essa abordagem teve início na Grécia Antiga, passando pela contribuição dos Árabes e a explicação de partículas e arco-íris por Newton. Na medida em que muitos fenômenos envolvendo a luz não podiam ser explicados adequadamente, cientistas como Christian Huyghens, Thomas Young e James C. Maxwell, lançaram novas ideias sobre a natureza da luz. A abordagem histórica contribui para que os estudantes compreendessem mais facilmente a Física como uma construção humana.

Como a luz visível e os raios X fazem parte do espectro eletromagnético, procuramos a partir das discussões realizadas em aula e apoiadas nos resultados de pesquisas efetuadas pelos alunos, elaborar um diagrama temporal no quadro negro. Nesse diagrama colocamos desde a Grécia Antiga até a atual concepção da dualidade onda-partícula, os nomes de cada cientista e sua contribuição para a explicação da luz, sendo que a contribuição de cada cientista foi pesquisada pelos grupos de alunos. Assim, fez parte do diagrama os pitagóricos e atomistas, os árabes, Isaac Newton, Rutherford e Albert Einstein, Christian Huyghens, James C. Maxwell, Hertz e Roentgen. No último balão deixamos propositalmente uma frase que deveria ser completada após a entrega da pesquisa, que dizia: “Definição de luz hoje é ...”.

Em setembro discutimos amplamente sobre a natureza dual da luz, salientando que a Física é uma construção humana e que ao longo dos anos a tecnologia trouxe melhorias e comodidade para o ser humano. Enfatizamos também que em algumas situações ocorrem prejuízos sociais e ambientais, de modo que é importante que cada cidadão saiba se posicionar perante questões tecnológicas e científicas, possibilitando perceberem a importância da aprendizagem de conceitos científicos para a sua formação cidadã (KRASILCHIK, 2007), aspectos que compõem os pressupostos do enfoque CTS (CRUZ; ZILBERSTAJN, 2005).



## Elaboração de um pôster como recurso didático para abordagem do tema raios X

Visando a continuidade da pesquisa, expusemos para os alunos um recurso didático especificamente elaborado para este trabalho, ou seja, um pôster de 90 cm de largura e 120 cm de comprimento, mostrado de maneira reduzida na figura 1, que permitiu abordar diferentes conceitos relacionados com a produção de raios X.

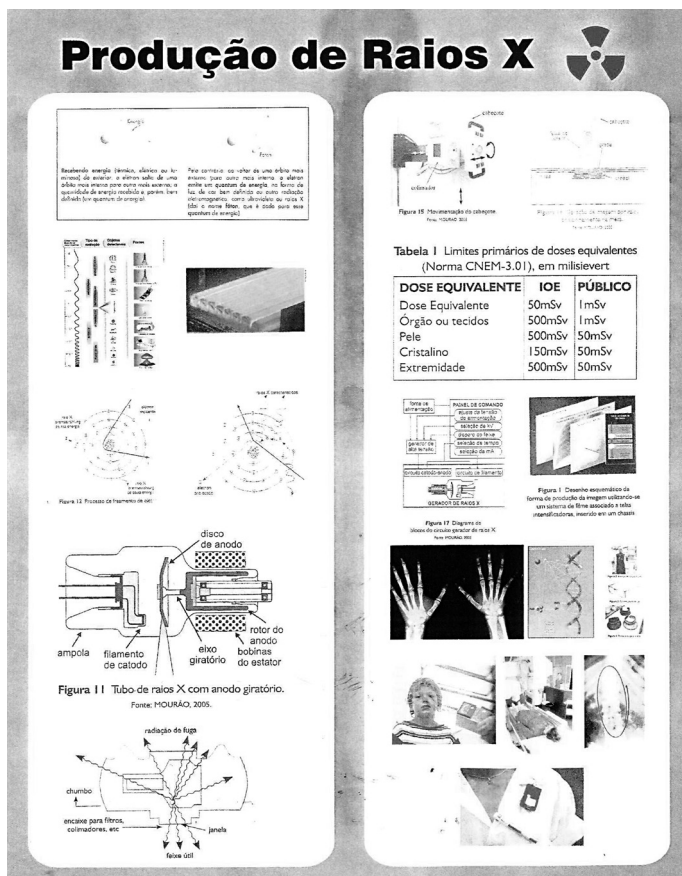


FIGURA 1 - MATERIAL DIDÁTICO NA FORMA DE PÔSTER UTILIZADO EM SALA DE AULA

Destacamos que o elétron ao receber energia salta para um nível energético maior, absorvendo um fóton de luz e ao retornar para um nível de menor energia ocorre emissão de um fóton de luz, capaz de estimular nosso órgão visual, quando a energia estiver na faixa visível. Sob certas circunstâncias e com o uso de equipamentos adequados, salientamos que é possível produzirmos uma amplificação da luz, conhecida como laser (FELTRE, 1997).

Para ilustrar a produção da luz visível discutimos sobre as barras metálicas aquecidas, relacionando com o filamento da lâmpada de tungstênio, presente na casa de muitos estudantes, e discutimos o espectro eletromagnético (SILVA; PINTO; LEITE, 2000).

Com relação à formação dos raios X, salientamos que os elétrons ao sofrerem desvio em sua trajetória em uma colisão com um alvo, sofrem uma desaceleração que ocasiona a produção dessa radiação. Assim, procuramos abordar aspectos relacionados com a ampola de raios X e a formação dos elétrons no catodo, a viagem dos elétrons até o alvo e a produção de raios X, bem como o esboço de uma pessoa sendo radiografada, a dose de radiação permitida para trabalhadores em unidades hospitalares e o público em geral. Finalmente, destacamos os filmes utilizados para radiografia e detalhes do painel de controle onde o Técnico de raios X ajusta as grandezas corrente de elétrons por intervalo de tempo que tem como unidade mA/s (miliampere por segundo), relacionada com a concentração dos elétrons no catodo e diferença de potencial dada em KV (quilovolts), que faz os elétrons serem acelerados até o anodo e na colisão emitir radiação de alta energia, os raios X (NÓBREGA, 2006).

Na sequência buscamos destacar a radiografia das mãos e uma figura do DNA, salientando os riscos envolvidos na exposição à esse tipo de radiação, uma vez que as células dos tecidos biológicos podem sofrer mutações ao serem atravessadas por raios X, bem como uma foto de uma pessoa radiografando a medula óssea (SILVA; PINTO; LEITE, 2000).

No que concerne à proteção radiológica, destacamos os equipamentos impregnados de chumbo (NÓBREGA, 2006), além dos equipamentos de medição dos raios x, Geiger Muller e dosímetro (FELTRE, 1997), fundamentais para proteger os indivíduos que sistematicamente ficam expostos a ambientes onde são produzidos os raios X. No processo de interação com os alunos explicamos passo a passo a produção de raios X em uma unidade hospitalar, o trabalho do técnico de raios X, os meios de proteção e os danos que a radiação pode causar nas células.

As perguntas feitas pelos alunos, entre as quais se alguém com aparelho metálico poderia se submeter à radiação X, foram prontamente esclarecidas, sendo discutido que o exame de ressonância magnética não pode ser feito por

peessoas portando objetos metálicos e que no caso dos raios X haveria maior absorção pelo metal e resultaria em partes mais claras no filme. Nesse momento um aluno se lembrou da mão da esposa de Roentgen ao deixar-se radiografar e no filme apareceu a aliança no seu dedo anular, nas partes claras da radiografia.

Na continuidade da pesquisa, realizada em setembro, procuramos identificar nos alunos elementos que indicassem ter ocorrido aprendizagem dos conceitos abordados anteriormente e relacionados com a produção de raios X, verificando se o aluno apresentava capacidade argumentativa sobre esses conceitos, visando delinear os passos seguintes da intervenção. Para averiguar a aprendizagem utilizamos um segundo questionário, denominado questionário-prova, composto por dez questões, sendo seis dissertativas, onde o aluno é instigado a responder como vivenciou cada etapa da pesquisa e a opinar sobre a metodologia de ensino de Física que empregamos. Outras questões buscaram ressaltar como foi a participação do aluno ao trabalhar no grupo de pesquisa, como ele compreendeu os conceitos físicos abordados e como ele situa o ensino de ciências na escola com o seu cotidiano.

As quatro perguntas restantes versaram sobre temas abordados durante a pesquisa e demandavam respostas conclusivas, diretas e exigiam explicações abrangentes de como funciona o rádio, a telefonia celular, o laser e a explicação atual da natureza da luz, além da pergunta central para os objetivos da pesquisa e que exigia explicação detalhada da produção de raios X, da formação de imagem e da radioproteção em uma unidade hospitalar. Em virtude da complexidade do questionário, os alunos precisaram de sessenta e cinco minutos, quinze minutos além do tempo normal da aula.

### **A utilização da ACE envolvendo o tema radiação: os problemas detectados em centros de raios X e o incidente com bronzeamento artificial**

Contemplando o enfoque CTS (CRUZ; ZILBERSTAJN, 2005), em outubro trouxemos para a sala de aula dois recortes do Jornal Agora, publicado em São Paulo, um de 30 de março de 2007 que traz a reportagem de uma jovem que entrou em coma após uma sessão de bronzeamento artificial, tema levantado nos dois questionários, e o outro jornal datado de 24 de setembro de 2007, que trouxe como manchete “Centros de raio x de SP têm série de problemas”, mostrando um aparelho de raios X em desuso, salas sem avisos que o local tem radiação e contrato da prefeitura mal elaborado com uma determinada empresa, além

de cifras milionárias cobradas da prefeitura por diagnósticos por imagens não efetuados. Esse material de apoio serviu de base para que pudéssemos empregar a Aprendizagem Centrada em Eventos (ACE), método também utilizado por Cruz e Zylberstajn (2005) e que permite conectar a abordagem dos temas desejados com eventos relevantes ocorridos na sociedade, aproximando a abordagem de temas científicos da realidade social dos estudantes.

Após a leitura efetuada pelos alunos iniciamos um extenso debate, abrindo caminho para importantes reflexões sobre os dois artigos, discutindo sobre a cidadania e o direito de ressarcimento por parte da jovem senhora após a sessão de bronzeamento artificial. No artigo que apresentou um aparelho de raios X em desuso, notamos a satisfação dos alunos em debater um tema que tinham conhecimentos, sendo o fator preocupante apontado a falta de sinalização no local, pois apesar do aparelho não estar sendo utilizado, a presença desse equipamento no local faz com que a instalação desse tipo de sinalização deva ser feita. Nesse sentido, os alunos afirmaram prontamente que havia falta do trifólio (sinalizador de local com radiações), apresentado e discutido ao longo do processo de intervenção. Sobre as cifras exorbitantes cobradas da prefeitura pela empresa, os alunos citaram que o dinheiro era proveniente do povo e que, portanto, deveria ser mais bem empregado.

Portanto, nessa etapa do trabalho objetivamos debater com os alunos algumas características de eventos que ocorrem na sociedade e que envolvem conceitos científicos e tecnológicos que podem afetar diretamente suas vidas, procurando estimular a formação de juízos e valores (KRASILCHIK, 1985). Desse modo, valorizamos a importância do processo de conscientização dos alunos acerca de relevantes relações CTS que foram exploradas na abordagem e que podem subsidiar seu posicionamento crítico e auxiliá-lo em processos de tomada de decisões frente a situações que envolvam conhecimentos científicos e tecnológicos (ACEVEDO; MANASSERO, 2002).

## **Análise e discussão dos resultados obtidos**

No primeiro questionário apresentado aos alunos visando mapear os seus subsunçores, observamos que para vinte e oito alunos a resposta sobre o que é Tecnologia versou sobre modernidade, inovações e aplicações dos conhecimentos científicos, demonstrando certo grau de conhecimento científico quanto a esse tema. Sobre a existência de fonte de radiações em suas casas, 98 % respondeu que elas estão presentes nos micro-ondas, celular ou nos dois juntos. Quando

perguntado sobre qual tipo de diagnóstico por imagem, uma mulher grávida deve se submeter, 100 % respondeu ultrassom em detrimento da radioterapia e radiografia, embora sem saber explicar o porquê da escolha. A questão sobre o dispositivo laser na caneta e o possível dano a saúde mostrou que para 64% dos alunos o dano para a saúde decorrente do mau uso desse dispositivo era danificar ou prejudicar a visão, sendo que os outros responderam apenas radioatividade e não souberam responder adequadamente sobre os possíveis danos.

As respostas sobre radioterapia foram difusas e predominou a concepção que seu uso destinava-se para tratar câncer e 5 % falaram que eram ondas magnéticas.

A questão central que argumentava sobre um acidente com fratura e como seria o procedimento médico teve 100 % de respostas relacionadas ao uso de diagnóstico por raios X, sendo que 30 % completaram que tinha que enfaixar o braço. Esse alto percentual de acerto mostra que esse tipo de diagnóstico encontra-se bastante difundido na sociedade. Entretanto, questionados sobre os procedimentos de como são produzidos os raios X na unidade hospitalar, constatamos que nenhum aluno sabia como isso se dava, apesar do tema raios X poder ser considerado, em certa medida, como um subsunçor em sua estrutura cognitiva.

Na etapa da intervenção onde propusemos aos alunos a realização de pesquisas e apresentação de seminários, separamos os grupos por afinidades e constatamos certa timidez, superada após os momentos iniciais onde cada aluno era responsável por uma parte da apresentação. As perguntas emitidas pelos alunos ouvintes, após a explanação do grupo, foram sempre estimuladas e mostraram-se pertinentes, abrindo espaço para que o professor pudesse contribuir para o esclarecimento de eventuais dúvidas.

A pesquisa que solicitamos aos alunos tendo como tema o Método Científico, forneceu resultados que serviriam de base para uma aula expositiva seguida de um amplo debate. Pudemos constatar que os alunos possuem expressiva habilidade no manuseio dos recursos das NTIC, pois 95% trouxeram o material digitado e com uma síntese no final solicitada pelo professor, enquanto apenas 5% trouxeram manuscrito. Na construção do diagrama sobre os cientistas e suas contribuições para o conhecimento da natureza da luz, verificamos que as pesquisas foram feitas tendo por base os sites Google e Wikipédia, importantes recursos de busca e fonte de pesquisa na Internet.

Na sequência utilizamos o laboratório de informática para fazer simulações e animações com a luz nos sites RIVED (<http://rived.mec.gov.br>), portal do MEC, vinculado a Secretaria de Educação a Distância (SEED), tendo como base de funcionamento a produção de conteúdos pedagógicos digitais na forma de objetos de aprendizagem, capazes de estimular o raciocínio lógico do aluno

visando, com isso, contribuir para a aprendizagem dos conteúdos escolares, e no portal disponibilizado pela própria instituição de ensino ([www.editorapositivo.com.br](http://www.editorapositivo.com.br)), que é vinculado ao Sistema Positivo de Ensino, que abastece a escola com apostilas. Esse portal fornece recursos computacionais para simulação, onde alunos e professores acessam mediante uma senha fornecida pela escola.

No segundo questionário, destinado a averiguar a aprendizagem dos alunos quanto ao tema radiações, podemos destacar algumas falas dos alunos que demonstraram consciência e apropriação de muitos dos conceitos abordados, conforme reproduzido abaixo:

1. O raio X é produzido numa unidade hospitalar, os elétrons são acelerados por alta voltagem, colide com um alvo e produz o raio X.
2. A forma de proteção do raio x nos hospitais é através de aventais impregnados de chumbo, pois o chumbo retira a energia do raio X.
3. O aparelho que mede a radiação é o dosímetro.
4. Temos partes claras e escuras porque o raio X interage com substâncias com maior densidade, nesse caso, o osso impede de chegar na chapa. Nos outros órgãos os raios X passam diretos e fica escuro na radiografia (chapa).
5. Numa unidade hospitalar, os elétrons são acelerados por alta voltagem, colide com o alvo e formam os raios X.
6. Proteção: uso de avental chumbado. Aparelho: dosímetro. Claras e escuras: os raios X interagem com substância de maior densidade.

Essas afirmações, entre muitas outras obtidas, nos permitem afirmar que os alunos participaram atentamente das atividades propostas e foram capazes de construir uma satisfatória base de conhecimentos acerca da produção dos raios X e da radioproteção.

## Conclusões

A introdução de tópicos de FMC para alunos do Ensino Médio é respaldada pelos PCN e defendida há muitos anos por diversos pesquisadores (CAVALCANTE, 1999; OSTERMANN; MOREIRA, 1998; MENEZES; HOSOUME, 1997; TERRAZAN, 1992), havendo uma variedade de livros voltados para professores e público em geral que abordam temas relacionados a essa área de conhecimento (GASPAR, 2001; BRAZ JR., 2002; PESSOA JR., 2003; TAVOLARO; CAVALCANTE, 2003; CHESMAN; ANDRÉ; MACÊDO, 2004; OLIVEIRA, 2005). Entretanto, apesar de muitos livros didáticos trazerem esses tópicos, devido

ao número reduzido de aulas de Física esse tema geralmente acaba não sendo abordado e quando isso ocorre a abordagem se dá em um momento emocional desfavorável ao aluno, por ocorrer em final de ano, o que torna o material pouco útil para a abordagem necessária desses importantes tópicos. Aliado a esse fato pode-se afirmar que problemas relacionados à má formação dos professores também dificultam ou mesmo impedem que temas relacionados com a FMC sejam abordados no Ensino Médio.

Nesta pesquisa de intervenção buscamos abordar de maneira integrada ao ensino de Física Clássica o tema da FMC, enfocando os raios X durante o ano letivo de 2007. Constatamos uma expressiva cooperação e envolvimento da maioria dos alunos e concordamos com Máximo e Alvarenga (1997) ao afirmar que o estudo da Física Clássica deve ser complementar ao da FMC, pois ambos se completam, sendo que em geral a primeira envolve temas e conceitos mais próximos do mundo real do aprendiz, enquanto a FMC lida na maioria das vezes com aspectos e fenômenos relacionados ao mundo microscópico como, por exemplo, os raios X, a dualidade onda-partícula, as partículas elementares que compõem a matéria e suas interações, entre outros.

Entendemos que a metodologia e as estratégias de ensino empregadas nesta pesquisa podem ser utilizadas para abordar outros temas da FMC, possibilitando ainda contemplar abordagens interdisciplinares, pois não obstrui o conteúdo programático da disciplina. Pela habilidade demonstrada pelos alunos com as NTIC e o uso de *softwares* de produção de raios X, acreditamos que as ferramentas computacionais podem ser empregadas na abordagem de outros tópicos da FMC, ampliando o leque de possibilidades na abordagem desses temas nas aulas de Física.

Ressaltamos também que por meio de abordagens contextualizadas e interdisciplinares, sob o enfoque CTS (CRUZ; ZYLBERSTAJN, 2005), acreditamos que a maioria dos alunos do Ensino Médio poderá valorizar cada vez mais a disciplina Física. Portanto, na medida em que a Física seja apresentada de maneira acessível à compreensão de todos, devidamente contextualizada e com seu caráter histórico e de construção humana abordados, é possível que alguns estudantes considerem inclusive a possibilidade de seguir carreiras profissionais que empreguem corriqueiramente os conceitos físicos.

Esperamos que as contribuições educacionais decorrentes das intervenções realizadas em sala de aula, como as aqui descritas, abram novos focos de discussão e sinalizem outros caminhos de investigação que permitam oferecer aos professores oportunidades para utilizarem metodologias alternativas de ensino de Física. Com isso, acreditamos que os alunos poderão vivenciar um processo enriquecedor de aprendizagem, capaz de contribuir para a sua formação cidadã (KRASILCHIK, 2007).



Nesse sentido, constatamos que por meio das atividades realizadas foi possível ampliar o interesse dos alunos e proporcionar momentos de discussão e reflexão capazes de aprimorar as interações entre o professor e os alunos, apontando caminhos que permitam ao docente contemplar outras possibilidades didático-pedagógicas, capazes de ampliar o senso crítico e a conscientização dos estudantes, de modo que esses possam atuar assumindo suas responsabilidades na sociedade (KRASILCHIK, 1985).

Cabe ressaltar que nosso entendimento é convergente com Auler e Bazzo (2001), quando esses asseveram que é importante superar obstáculos educacionais objetivando colocar os processos de tomada de decisões em relação a situações que envolvam conhecimentos científicos e tecnológicos em uma perspectiva mais democrática. Para isso, assume relevância propormos *atividades didático-pedagógicas direcionadas para uma alfabetização científica e tecnológica e que atentem para a questão das concepções, valores e atitudes dos indivíduos nas suas ações em sociedade* (ANGOTTI; AUTH, 2001, p. 1), aspecto esse salientado no desenvolvimento deste trabalho.

Para finalizar, vale destacar que após a abordagem temática que efetuamos, um aluno participante da pesquisa relatou interesse em se tornar físico, atraído pelo clima envolvente das aulas e que mostrou a importância dos conceitos científicos para a compreensão dos fenômenos naturais e também para o entendimento dos aparatos tecnológicos que afetam nossa vida cotidiana, sendo esse mais um resultado importante do trabalho realizado.

## REFERÊNCIAS

ACEVEDO, J. A.; VASQUEZ, A.; MANASSERO, M. A.; ACEVEDO, P. Actitudes y creencias CTS de los alumnos: su evaluación con el cuestionario de opiniones sobre ciencia, tecnología y sociedad. *Revista Iberoamericana*, España, n. 2, 2002.

ANDALOUSSI, K. E.; *Pesquisas-ações: ciências, desenvolvimento, democracia*. Tradução de: THIOLLENT, Michel. São Carlos, SP: UFSCar, 2004.

ANGOTTI, J. A. P.; AUTH, M. A. Ciência e tecnologia: implicações sociais e o papel da educação. *Ciência e Educação*, São Paulo, v. 7, n. 1, p. 15-27, 2001.

AULER, D.; BAZZO, W. A. Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. *Ciência e Educação*, São Paulo, v. 7, n. 1, p. 1-13, 2001.



AUSUBEL, D.; NOVAK, J.; HANESIAN, H. *Psicologia educacional*. Rio de Janeiro: Editora Interamericana, 1980.

BAGNATO, V.; BARREIRO, A. C. M. Aulas demonstrativas nos cursos básicos de Física. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 9, n. 3, p. 238-244, 1992.

BENJAMIN, A. A.; TEIXEIRA, O. P. B. Análise do uso de um texto paradidático sobre energia e meio ambiente. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 23, n.1, p.74-82, 2001.

BRASIL – PCN. Ensino Médio: *Parâmetros Curriculares Nacionais*, 1999.

BRASIL – PCN+. Ensino Médio: *Orientações Curriculares Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais*, 2002.

BRAZ JR., D. *Física Moderna – Tópicos para o ensino médio*. São Paulo: Editora Companhia da Escola, 2002. 128 p.

CANATO JÚNIOR, O. *Texto e Contexto para o Ensino de Física Moderna e Contemporânea na Escola Média*. 109 f. Dissertação (Mestrado) - USP, São Paulo, 2003.

CAVALCANTE, M. A. O ensino de uma nova Física e o exercício da cidadania. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 21, n. 4, p. 550-551, 1999.

CHESMAN, C.; ANDRÉ, C.; MACÊDO, A. *Física Moderna Experimental e Aplicada*. São Paulo: Editora da Livraria da Física, 2004. 291 p.

CRUZ, S. M. S. C. de Souza.; ZYLBERSTAJN, A. O enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade e a aprendizagem centrada em eventos. In: PIETROCOLA, Maurício. (Org.). *Ensino de Física*. 2. ed. Florianópolis: Ed. UFSC, 2005. p. 171-196.

CURI, A. Z.; MENEZES FILHO, N. A. *A relação entre o desempenho escolar e os salários no Brasil*. 71 f. Tese (Doutorado) - USP, São Paulo, 2006.

DEMO, Pedro. *Educar pela Pesquisa*. 6. ed. Campinas: Editora Autores Associados, 2003. 130 p.

FELTRE, Ricardo. *Fundamentos da Química*, volume único. 2. ed. São Paulo: Editora Moderna, 1997. 646p.

GASPAR, A. *Física*. v. 3. São Paulo: Ática, 2001.

KRASILCHIK, M. Ensinando ciências para assumir responsabilidades sociais. *Revista de Ensino de Ciências*, v. 14, p. 8-10, 1985.

KRASILCHIK, Myriam. *Educação e cidadania*. 2. ed. São Paulo: Editora Moderna, 2007. 88p.

LUZ, S. L. C.; ARAÚJO, M. S. T.; MACIEL, M. D. A pesquisa como veículo para aprender a aprender Física na escola básica. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 17., 2007, São Luís, UFMA. *Atas...* São Luís, UFMA, 2007. p. 1-10.

MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. *Curso de Física*. volume 3. 1. ed São Paulo, [s.n] 1997. 1396 p.

MENEZES, L. C.; HOSOUME, Y. Para lidar com o mundo real, a física escolar também precisa ser quântica. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 12., 1997, Belo Horizonte, *Atas...* Belo Horizonte, 1997. p. 1-10.

MOREIRA, M. A. *A Teoria da Aprendizagem Significativa e sua Implementação em sala de aula*. Brasília: Editora da Universidade de Brasília, 2006. 186 p.

MOREIRA, M. A.; MASSINI, E. F. S. *Aprendizagem Significativa: A Teoria de David Ausubel*. São Paulo: Editora Moraes, 1982. 136 p.

NÓBREGA, A. I. *Tecnologia radiológica e diagnóstica por imagem*, volume 2. São Caetano do Sul: Editora Difusão, 2006. p. 311.

OLIVEIRA, I. S. *Física Moderna para iniciados, interessados e aficionados*. Volume 1 e 2, São Paulo: Editora da Livraria da Física, 2005. 291 p.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Tópicos de Física Contemporânea na escola média brasileira: um estudo com a técnica Delphi. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 6., 1998, Florianópolis. *Atas...* Florianópolis, 1998. p. 1-10.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. *Revista Investigação em Ensino de Ciências do Instituto de Física da UFRGS*, Porto Alegre, v. 5, n. 1, 2000. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs/public/ensino>>. Acesso em: 18/9/2007.

PERRENOUD, P. *10 Novas Competências para Ensinar*. Porto Alegre: Editora Artmed, 2000. 192 p.

PESSOA JR., O. *Conceitos de Física Quântica*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2003. 189p.

POSITIVO – [www.editorapositivo.com.br](http://www.editorapositivo.com.br). Acesso em 8/10/2007.

RIVED – *Rede Virtual de Educação Interativa*. Disponível em: <<http://rived.mec.gov.br>>. Acesso em: 8/10/2007.

SILVA, J. A.; PINTO, A. C.; LEITE, C. *PEC: Projeto Escola e Cidadania*. São Paulo: Editora do Brasil, 2000.

SILVA, E. L.; PACCA, J. L. de A. Aspectos Motivacionais em Operações nas aulas de Física do EM, nas EE de SP. São Paulo: USP - Universidade de São Paulo, 2004.

TAVOLARO, C. R. C.; CAVALCANTE, M. A. *Física Moderna Experimental*. São Paulo: Editora Manole, 2003.

TERRAZAN, E. A. A inserção da Física Moderna e Contemporânea no ensino de Física na escola de 2º grau. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 9, n. 3, p. 209-214, 1992.

Texto recebido em 8 de setembro de 2008.

Texto aprovado em 1º de dezembro de 2008.

