

Pesquisa em Ensino de Física

Articulação Centro de Pesquisa - Escola Básica:
contribuições para a alfabetização científica e tecnológica
(*Research Center - Elementary School articulation: contributions to the scientific and technological literacy*)

Giselle Watanabe Caramello¹, Roseline Beatriz Strieder^{1,2},
Graciella Watanabe¹ e Marcelo G. Munhoz³

¹Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil

²Universidade Católica de Brasília, Brasília, DF, Brasil

³Departamento de Física Nuclear, Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil

Recebido em 17/9/2009; Revisado em 10/5/2010; Aceito em 20/5/2010; Publicado em 15/2/2011

Neste artigo são discutidos aspectos relacionados à seleção e organização dos conteúdos a serem abordados durante e após visitas a laboratórios de pesquisa em física. Utilizando como exemplo o trabalho de divulgação realizado no acelerador de partículas *Pelletron* (Instituto de Física da Universidade de São Paulo), com alunos do ensino médio, procuramos identificar elementos que podem orientar o desenvolvimento de propostas escolares organizadas a partir de visitas a centros de pesquisa. Nesse sentido, destaca-se o potencial dessas visitas para a realização de discussões sobre as relações entre Ciência-Tecnologia- Sociedade e a importância do estabelecimento de vínculos com o conteúdo escolar.

Palavras-chave: acelerador de partículas, ensino de física, abordagem temática, CTS.

In this article, we discuss the content selection and organization of visits to physics research laboratories. We use the visits organized for high school students at the Pelletron Laboratory, a particle accelerator from the Instituto de Física da Universidade de São Paulo, as an example for this work. We identify elements that can guide the development of high school activities based on visits to research laboratories. We discuss the potential of these visits for discussions on the relations among Science-Technology-Society and the importance of the establishment of constraints with the high school contents.

Keywords: particle accelerator, physics teaching, thematic approach, STS.

1. Introdução

Ciência e tecnologia (C&T) têm sido elevadas a verdadeiros ícones da atualidade, sendo admiradas pelo progresso e bem-estar que proporcionam à chamada vida moderna. Associado a essa admiração, há uma concepção hegemônica de que “muitos” têm o poder de consumir seus feitos, mas somente alguns são capazes de compreendê-las. Exclui-se assim, a possibilidade efetiva de participação da sociedade, seja em decisões referentes a assuntos vinculados ao desenvolvimento científico-tecnológico, seja em sua própria construção.

Nesse contexto, ainda que a ciência moderna tenha nascido e se desenvolvido em oposição às crenças e magias, ela exerce uma função dogmática na sociedade atual. Vista como detentora de um saber incontestável, eficaz, confiável e superior, somente ela tem o poder de dizer o que é justo e melhor para todos.

Contudo, é importante lembrar que a produção da C&T incorpora valores e interesses (econômicos, culturais, sociais etc.) do contexto em que é produzida, e além disso, sua utilização pode estar associada a riscos e prejuízos para a sociedade. Essas características implicam na incorporação de critérios éticos, culturais e sociais nas decisões sobre os rumos do desenvolvimento científico-tecnológico, o que pode ser efetivado por meio da participação pública.

Em virtude disso, defende-se a necessidade de haver outra postura da sociedade perante à C&T. Entende-se ser imprescindível a construção de uma sociedade crítica e reflexiva em relação ao desenvolvimento científico-tecnológico, a fim de que este não apareça mais como uma força misteriosa e repreensiva, acessível apenas a uma pequena parcela da população.

Para isso, torna-se necessária a democratização dos conhecimentos e dos valores que sustentam a C&T em seus bastidores, ou seja, em sua prática real [1]. O que

¹E-mail: gisellewatanabe@yahoo.com.br.

aponta para a realização de maiores discussões sobre as relações entre Ciência - Tecnologia - Sociedade (CTS), tanto no âmbito social quanto no escolar.

A defesa por discussões sobre CTS emergiu de estudos e movimentos mais amplos, que tiveram origem em meados de 1960, em países da América do Norte e Europa. No âmbito desses estudos e movimentos passou-se a discutir, com diferentes enfoques, a relação da ciência e da tecnologia com o desenvolvimento da vida social, reivindicando uma tomada de consciência com relação aos problemas ambientais, éticos e de qualidade de vida relacionados às contribuições dos avanços científicos e tecnológicos. Dessa forma, esses estudos em CTS podem ser considerados como um reflexo de uma época em que se buscava exercer uma influência social e política mais forte e deliberada sobre a ciência e a tecnologia [2].

Ao repercutir para o contexto educacional, segundo Santos [3, p. 17]:

Um objetivo central deste movimento de reforma é o desenvolvimento de uma cidadania responsável – uma cidadania individual e social para lidar com problemas que têm dimensões científicas e tecnológicas, num contexto que se estende para além do laboratório e das fronteiras das disciplinas. Tornar a ciência revestida de mais significado para o aluno, de forma a prepará-lo melhor para lidar com as realidades da vida atual e para poder planejar o seu próprio futuro, é uma das aspirações básicas.

Compartilhando desses ideais de democratização das decisões envolvendo C&T, vem sendo defendido a importância de se integrar a ciência na cultura, instaurando uma política de abertura da ciência para a sociedade [4]. Como apontado por Levy-Leblond *apud* Japiassu [4, p. 237-238]:

Precisamos colocar a ciência em cultura, para que nossos filhos e netos não permaneçam tão passivos e desarmados quanto nossa geração e as precedentes. (...) A cultura de nossa época é completamente marcada pela ciência mas de modo passivo. Não a reconhece, não reflete sobre ela. Não possui nenhum controle sobre ela.

Como ponto de partida, torna-se necessário aumentar o interesse da sociedade pela ciência, buscando com isso, diminuir a distância que as separa. Assim, é imprescindível conhecer, a partir da atividade real da ciência, de que forma ela é construída, suas incertezas, seus limites e possíveis consequências para a sociedade.

É importante que a sociedade tenha clareza de que a ciência é, acima de tudo, uma produção social, realizada por seres humanos, que reflete os interesses e ideologias de determinadas classes sociais, e que, embora internamente estruturada, apresenta divergências.

Nessa perspectiva, membros do Departamento de Física Nuclear do Instituto de Física da Universidade de São Paulo têm organizado visitas monitoradas, para alunos do ensino médio, ao Laboratório Aberto de Física Nuclear, mais especificamente, ao acelerador de partículas Pelletron. Entende-se que com visitas dessa natureza, pode-se contribuir para a construção de uma sociedade alfabetizada em ciência e tecnologia, capaz de refletir criticamente e atuar em situações vinculadas ao desenvolvimento científico-tecnológico. Sendo assim, o objetivo das visitas não é somente introduzir uma discussão sobre os conteúdos científicos envolvidos no funcionamento do acelerador e nas pesquisas desenvolvidas, mas de familiarizar o público com a construção da ciência, ou seja, com o contexto de produção da ciência.

A partir dessa experiência, nesse artigo, discute-se elementos a serem considerados na seleção e organização de conteúdos abordados em visitas dessa natureza. Essa seleção e organização poderia ser entendida como tarefa do cotidiano do professor da educação básica; no entanto, devido à complexidade do tema, caso essa tarefa caiba unicamente ao professor, possivelmente os assuntos que podem enriquecer as discussões em sala de aula serão negligenciados.

Sendo assim, para a discussão dessa proposta, inicialmente apresenta-se a estrutura da visita, seguida dos elementos que podem ser considerados em sua estruturação, o que inclui o estabelecimento de vínculos com os conteúdos escolares. Pretende-se, ao apresentar elementos oriundos de uma prática, contribuir para o universo de pesquisas que possui como foco o desenvolvimento de uma sociedade alfabetizada em ciência-tecnologia.

2. A visita ao Pelletron

O Laboratório Aberto de Física Nuclear do Instituto de Física da Universidade de São Paulo foi fundado em 1972 sob a coordenação do professor Oscar Sala. Nesse espaço está localizado o acelerador de partículas eletrostático *Pelletron* do tipo *Tandem*. Basicamente, um acelerador desse tipo tem a capacidade de aumentar a velocidade de partículas carregadas através de campos elétricos.

Para aumentar a velocidade das partículas nesse tipo de acelerador, num primeiro momento, os átomos neutros são ionizados. Uma amostra contendo os elementos químicos que se deseja estudar é inicialmente colocada em uma fonte de íons. Este equipamento ioniza negativamente os átomos para que eles possam “sentir” o campo elétrico no acelerador. Os íons são extraídos da fonte utilizando-se uma diferença de potencial em torno de 70 kV. Logo em seguida, esse feixe de átomos é acelerado através de um campo ainda mais intenso que é produzido no terminal do acelerador, cujo potencial elétrico pode atingir 8 MV. Como esse potencial é positivo, o feixe precisa trocar de carga ao passar

por ele. Para isso, uma fina folha de carbono que tem como intuito “roubar” elétrons desses íons é colocada na trajetória do feixe, deixando-os ionizados positivamente e dando continuidade ao processo de aceleração. Quando este feixe chega à sala experimental através da canalização do acelerador, diversos detectores estão dispostos ao redor de um alvo constituído do material que se pretende estudar. O feixe então colide com este material, a uma velocidade em torno de 10% da velocidade da luz, a radiação e partículas emitidas por esse choque podem ser medidas pelos detectores. Essas informações são transmitidas através de pulsos eletromagnéticos aos computadores do laboratório e depois estudados pelos pesquisadores.

Atualmente, cerca de cem pesquisadores, tanto do Instituto de Física da Universidade de São Paulo como de outros centros de pesquisas nacional e internacional, utilizam o laboratório para obtenção de dados e realização de diversas pesquisas, que envolvem tanto estudos de aspectos fundamentais sobre a natureza e propriedade dos núcleos atômicos, como da aplicação de técnicas desenvolvidas na física nuclear em outras áreas do conhecimento, como ciências dos materiais, biologia, artes e arqueologia.

Com o intuito de divulgar aos alunos e professores do Ensino Médio as pesquisas realizadas no *Pelletron* foi estruturada uma visita de duas horas que é conduzida pelos próprios pesquisadores (professores, alunos de pós-graduação e técnicos) do acelerador. O roteiro dessas visitas inicia-se com uma apresentação multimídia de aproximadamente trinta minutos sobre os conceitos básicos de física nuclear (por exemplo, o núcleo atômico), incluindo diversas animações que representam os fenômenos físicos relacionados aos procedimentos de funcionamento e coleta de dados realizados no laboratório. Além disso, nesse primeiro momento, são apresentadas as diversas linhas de pesquisa do *Pelletron*, visando elucidar ao visitante parte do trabalho que é realizado num laboratório científico.

Ao longo dos espaços visitados planeja-se a distribuição de painéis que mostram tanto os aspectos técnicos do acelerador quanto os conceituais, relacionados à pesquisa e ao seu funcionamento. Esses painéis terão como função explicitar os conceitos físicos empregados em cada componente do acelerador. Vale ressaltar que neles haverá textos de aprofundamento, anexados no rodapé, além de fotos dos componentes do acelerador. Esses painéis darão ao visitante a oportunidade de obter explicações sobre o material técnico enquanto os observa efetivamente no laboratório.

A visita é finalizada com a visualização do protótipo 0,33 UD² que é uma máquina de porte menor que o *Pelletron*. Sua função é a de mostrar aos visitantes o funcionamento do terminal acelerador, que normalmente não estaria acessível ao público. Esse protótipo

foi desenvolvido junto aos engenheiros e técnicos do laboratório de eletrônica e mecânica do departamento de física nuclear.

Cabe destacar, que essas visitas se encontram em reestruturação. Desde seu início, já foram realizadas diversas visitas com alunos de escolas técnica e pública, professores da rede estadual e alunos de graduação. Essas experiências, bem como a opinião dos visitantes, vêm sendo utilizadas em sua reorganização. Nesse sentido, um dos aspectos a considerar é a elaboração de atividades a serem desenvolvidas em sala de aula, antes ou depois da visita, e associada a elas, um curso de formação para os professores responsáveis pelos alunos.

Entende-se que visitas dessa natureza podem ser utilizadas como potencializadoras de discussões que envolvem a tríade CTS, como explicitado anteriormente. Contudo, as visitas em si, por concentrarem-se em um curto espaço de tempo, não permitem a realização de discussões mais amplas; para isso, defende-se que tais discussões precisam estar vinculadas ao contexto escolar, para que os alunos tenham espaço para discutir o fazer científico enquanto produção humana e para refletir e aprofundar os fenômenos físicos evidenciados durante a visita. Acredita-se que é a partir de iniciativas como essas que as escolas poderão contribuir com a formação de cidadãos mais críticos, capazes de analisar e se posicionar perante situações que envolvem aspectos sociais, políticos, ambientais e econômicos de uma nação.

Assim, considerando a importância do papel da escola na formação crítica de seus alunos, na sequência desse artigo é apresentada uma proposta de articulação entre essas visitas e os conteúdos escolares, fruto de uma investigação que inclui referenciais ligados ao movimento CTS e alguns pressupostos considerados em abordagens temáticas.

3. Subsídios para uma abordagem temática dos conteúdos

As propostas de implementação da abordagem CTS na educação básica organizam-se em torno de temas centrais. Santos e Schnetzler [5], referindo-se a uma revisão bibliográfica sobre o movimento, concluem que todos os artigos revisados recomendam a estruturação de abordagens CTS a partir de temas, principalmente pela potencialidade que os mesmos oferecem para discussões sobre as inter-relações entre CTS e para o desenvolvimento de atitudes de tomada de decisão.

Nessa perspectiva, a compreensão dos temas passa a ser a finalidade do processo de ensino-aprendizagem. Porém, cabe destacar que não ocorre a supressão dos conhecimentos científicos, pois os mesmos são entendidos como meios necessários para a compreensão dos

²O protótipo 0,33 UD, possui tal nomenclatura devido à sua relação proporcional ao terminal do acelerador *Pelletron*, sendo 33% do seu tamanho original.

temas. Dessa forma, a apreensão ou apropriação de conteúdos coloca-se na perspectiva de instrumentalizar o aluno para uma melhor compreensão dos temas e para sua atuação na sociedade contemporânea [6].

Além dos conhecimentos científicos, são destacados nove aspectos que devem ser considerados quando pretendemos levar o enfoque CTS para sala de aula. Quais sejam: natureza da ciência, natureza da tecnologia, natureza da sociedade, efeitos da ciência sobre a tecnologia, efeitos da tecnologia sobre a sociedade, efeitos da sociedade sobre a ciência, efeito da ciência sobre a sociedade, efeito da sociedade sobre a tecnologia, efeito da tecnologia sobre a ciência [5].

Considerar esses aspectos ao abordar determinado tema implica em buscar esclarecer, dentre outras coisas, que a ciência é uma construção social; que a sociedade sofre mudanças devido ao desenvolvimento científico e tecnológico; que a produção de novos conhecimentos tem estimulado mudanças tecnológicas; que a tecnologia disponível a um grupo humano influencia grandemente o estilo de vida do grupo; que por meio de investimentos e outras pressões, a sociedade influencia a direção da pesquisa científica e que a disponibilidade dos recursos tecnológicos limitará ou ampliará os progressos científicos [5].

Contudo, não há um consenso no que diz respeito aos elementos e conteúdos que precisam ser considerados e/ou priorizados na organização dos temas e dos conhecimentos necessários para compreendê-los [7]. Nesse sentido, apenas é ressaltada a natureza interdisciplinar e a abordagem contextualizada dos conceitos científicos.

O caráter interdisciplinar é enfatizado no sentido em que discussões sobre CTS devem abarcar, por exemplo, questões de natureza filosófica, histórica e sociológica. Nesse sentido, Santos [3] aponta que a educação CTS, insere-se numa proposta de alteração disciplinar, de sentido humanista e cultural, já que inclui juízos, reflexões e ações sobre o exercício da cidadania permeando o ensino das disciplinas.

Já a abordagem contextualizada dos conteúdos diz respeito à necessidade de relacionar a ciência, o conhecimento científico, com a tecnologia e situar ambas no contexto social, político e econômico em que se encontram ou foram desenvolvidas. Em outras palavras, podemos afirmar que abordar as relações CTS implica no estudo do conhecimento científico articulado com a discussão de aspectos ambientais, econômicos, políticos, sociais, históricos, tecnológicos e éticos.

Sendo assim, um tema quando levado à sala de aula não pode deixar de evidenciar as relações mais complexas, tanto no que se refere aos aspectos conceituais quanto aos sociais, políticos e econômicos. Nesse sentido, torna-se necessário vincular os aspectos de âmbito mais científico, relacionados ao *Pelletron*, com discussões de natureza mais social.

Considerando que o movimento CTS não possui

uma proposta clara quanto às relações que podem ser estabelecidas entre os aspectos conceituais, os aspectos de âmbito mais social e o conteúdo escolar, serão utilizados os pressupostos do espanhol Jose Eduardo García, ainda que os mesmos tenham sido pensados para a discussão de temas que emergem do cotidiano.

Para García [8] o conhecimento escolar não pode se pautar apenas numa redução ou simplificação de uma disciplina científica, mas deve estar vinculado com aspectos mais amplos que envolvem, por exemplo, as relações com o meio e as implicações sociais, políticas e econômicas. Além disso, esse conhecimento não é uma transposição direta de um conhecimento científico, isento de outras contribuições, sejam elas sociais ou provenientes da comunidade científica (pesquisadores, cientistas etc.).

Assim, o conhecimento escolar, embora com características epistemológicas próprias, é influenciado pelos conhecimentos científico e cotidiano, podendo representar um enriquecimento do cotidiano em função de contribuições oriundas, por exemplo, da esfera científica e cultural.

No conhecimento cotidiano são produzidas explicações sem embasamento científico, mas que são suficientes para justificar determinadas situações. Esse conhecimento refere-se aos saberes (muitas vezes complexos) que são produzidos nas relações que se estabelecem na interação com o meio (colegas, familiares, sociedade etc.). Já o conhecimento científico é aquele produzido pela academia, passando pelo crivo de um grupo de pesquisadores. Esses diferentes conhecimentos (cotidiano e científico) estão estritamente relacionados com o conhecimento escolar, o que significa dizer que as escolhas feitas em quaisquer dos três âmbitos implicam em diferentes recortes nos outros.

Desse modo, os conteúdos compartimentados que em geral são levados para a sala de aula podem ser substituídos por aqueles capazes de trazer os problemas à realidade educativa, abrindo-a para a exploração do nosso mundo. Compreender o mundo sob esses aspectos só é possível se houver a transição de uma forma simples a outra mais complexa do conhecimento. Isso aponta para a necessidade de *complexificar* o conhecimento.

Ainda que os elementos propostos por García [8] possam ser importantes ao propor uma abordagem temática que leva em conta a complexidade, na medida em que podem ajudar a organizar o planejamento das atividades por meio das tramas e mapas conceituais a serem propostos em sala de aula, a questão da abordagem de um tema é muito mais ampla. Precisam ser considerados aspectos que vão desde a definição dos assuntos que compõem a problemática social, econômica e política, até a seleção dos conteúdos relevantes para trabalhar o tema escolhido, além da identificação dos conhecimentos científicos envolvidos.

Assim, considerando a importância do estabeleci-

mento de um conhecimento escolar influenciado por outros conhecimentos e explicitando a importância dos aspectos conceituais, defende-se a abordagem de temas a partir de duas organizações, que representam dois âmbitos distintos: (i) organização temática, que representa as questões sociais, econômicas e políticas e, (ii) organização conceitual, que representa os conceitos científicos [9, 10].

Essas organizações, propostas por Watanabe e Kawamura [9, 10] sistematizam os diversos aspectos relacionados a um determinado tema que, pela sua própria natureza, apresenta um universo de possibilidades. Elas evidenciam aspectos que podem ajudar às escolhas dos professores ao tratar temas em sala de aula. Assim, no caso específico da visita ao acelerador de partículas, é possível estabelecer outras relações que vão além das discussões propostas no *Pelletron*, contudo essas articulações podem ser menosprezadas se o professor não conseguir vislumbrar as possibilidades de trabalho em sala de aula.

Dessa forma, as escolhas realizadas nas organizações temática e conceitual são fundamentais para propor um trabalho em sala de aula. No entanto, a seleção de temas que compõem a organização temática deve estar pautada em assuntos próximos do cotidiano do aluno ou de sua esfera de interesse (por exemplo, temas abordados pela mídia ou vivenciados em suas comunidades), assim como a organização conceitual deve estar pautada nos conceitos físicos que, no presente caso, referem-se aqueles tratados no ensino médio. Vale ressaltar que os conteúdos escolares organizados e muitas vezes simplificados podem ser importantes e necessários na discussão sobre um tema, mas o ensino de física não pode estar permeado somente por eles.

A produção de uma proposta didática envolve, também, a escolha prévia de diversos fatores como: os interesses do professor, a etapa de aprendizagem do aluno, as possíveis disciplinas que podem abarcar o tema, as concepções educacionais presentes em cada instituição etc. No entanto, para a presente discussão, serão consideradas apenas as organizações temática e conceitual, tendo como assunto central o *Pelletron* enquanto um laboratório de pesquisas e suas implicações.

Dessa forma, são apresentadas as duas organizações construídas para abordagem do tema em questão: uma baseada nos assuntos que envolvem questões relacionadas ao desenvolvimento científico e tecnológico e suas implicações sociais (organização temática) e outra vinculada aos conteúdos que são tratados durante a visita ao *Pelletron* e que podem ser aprofundados em sala de aula (organização conceitual).

4. Seleção e organização do conteúdo a ser discutido em sala de aula

Como dito anteriormente, a visita ao *Pelletron* traz algumas informações sobre o fazer científico e conceitos físicos que podem ser tratados e discutidos em sala de aula. No entanto, articular a visita com questões relacionadas aos aspectos sociais, políticos e econômicos e ainda considerar os conteúdos físicos relacionados ao tema parece tarefa árdua e que pode se tornar um obstáculo para o aprofundamento do tema.

Dessa forma, com o intuito de organizar alguns assuntos e conteúdos que podem gerar discussões efetivas em sala de aula, sugere-se a elaboração das organizações temática e conceitual. Para a produção dessas organizações, é necessário definir os assuntos que podem ser tratados no âmbito escolar e que ao mesmo tempo possibilitam reflexões sobre o trabalho no acelerador de partículas.

As estratégias utilizadas para definir os assuntos abordados, tanto na visita quanto em seu aprofundamento na escola, foram as mesmas e dizem respeito à análise do currículo de física do ensino médio, por meio de livros didáticos, e à realização de entrevistas com professores pesquisadores do Departamento de Física Nuclear.

As entrevistas realizadas, além de indicar assuntos relevantes que norteiam as pesquisas do *Pelletron*, ajudaram a delimitar os parâmetros e estratégias para discussões mais acessíveis aos alunos. Dessas entrevistas, foi possível perceber que um dos assuntos que preocupa os professores pesquisadores é a relação entre o conteúdo de física nuclear e as pesquisas realizadas no acelerador. Para eles, é importante que os alunos tenham clareza sobre o fazer científico e a sua ligação com os conteúdos tratados na escola.

Outro fator relevante é o papel da interdisciplinaridade nas pesquisas aplicadas. Para esses professores pesquisadores, durante a visita é importante que o aluno note que no laboratório há várias áreas do conhecimento coexistindo e que cada uma traz a sua contribuição para alcançar um objetivo maior. Além disso, eles evidenciam que esse contato com o público pode desmistificar o estereótipo do pesquisador enquanto um cientista inacessível.

As colocações feitas pelos professores pesquisadores durante as entrevistas trouxeram uma notável preocupação dos docentes no que se refere à difusão da ciência enquanto transformadora no processo ensino-aprendizagem. Para eles o aspecto fundamental da visita é a necessidade de uma maior interação com a sociedade, cujo foco deve ser a aproximação do meio acadêmico com os visitantes.

Quanto aos aspectos relacionados aos conteúdos

³B. Alvarenga e A. Máximo, *Física, de Olho no Mundo do Trabalho* (Ed. Scipione, São Paulo, 2005), 1ª ed. A. Gaspar, *Física: Série Brasil* (Ed. Ática, São Paulo, 2001), 1ª ed. R.A. Bonjorno, J.R. Bonjorno, V. Bonjorno e C.M. Ramos, *Física Completa* (Ed. FTD, São Paulo, 2001), 2ª ed.

que compõem o currículo de física do ensino médio, baseamo-nos em livros didáticos.³ Buscou-se identificar nesses livros conceitos da física moderna, mais especificamente aqueles que compõem as discussões sobre física nuclear. Vale ressaltar que o material encontrado limitou as possíveis relações com conteúdos abordados nas visitas ao acelerador. De qualquer forma, foi possível estabelecer algumas relações entre os conceitos tratados no ensino médio e aqueles discutidos no *Pelletron*, como exemplo, a ionização de átomos neutros, as interações fundamentais e conservação de momento.

Influenciados por esses dois aspectos – potenciais assuntos que surgiram nas entrevistas e conceitos de física nuclear presentes no currículo de física do ensino médio – foram organizados os temas e conteúdos relacionados à visita ao *Pelletron*. Para a discussão que segue, foram definidos dois momentos distintos. No primeiro, são tratadas questões referentes à organização temática e, no segundo momento, questões relacionadas à organização conceitual. Vale ressaltar que ambas as organizações estão pautadas nos conteúdos e assuntos tratados na visita ao acelerador *Pelletron*. Contudo, considerando que defendemos a necessidade de aprofundar as discussões realizadas no acelerador, nas organizações estão evidenciados outros elementos que podem ser potencializados nas discussões em sala de aula.

4.1. Organização temática

Como mencionado anteriormente, para tratar os assuntos temáticos que emergem nos laboratórios de pesquisa procurou-se algumas referências no próprio currículo da física, mais especificamente, nos textos presentes nos livros didáticos. Além disso, durante as entrevistas realizadas com os professores pesquisadores foram identificados alguns assuntos que se mostraram importantes para uma discussão no âmbito escolar.

A partir dessas referências, foi construído um quadro geral que formaliza as diversas questões, organizadas segundo os próprios critérios envolvidos. Tais critérios consideram aspectos relacionados ao desenvolvimento científico e tecnológico, suas aplicações e implicações sociais, pois as relações focadas nesses âmbitos podem ampliar o interesse dos alunos pela ciência, além de dar subsídios para que eles possam ser críticos perante situações relacionadas aos assuntos abordados.

A organização temática representa apenas, de forma sistematizada, os aspectos e idéias relativas ao tema do ponto de vista de um enfoque global, a partir do reconhecimento desse tema em diferentes espaços. Nesse sentido, essa organização está relacionada às questões sociais, políticas e econômicas que permeiam as pesquisas desenvolvidas nos laboratórios.

Como em toda organização desse tipo, não existe certamente uma forma de representação única. Vale ressaltar que o objetivo dessa organização temática (Fig. 1) é apenas elencar alguns assuntos que podem servir de vínculo entre os interesses dos professores pesquisadores e dos alunos e professores em questão.

Nessa organização são destacados quatro grupos que permeiam o tema. No primeiro deles, *Aspectos Tecnológicos*, estão organizados assuntos que relacionam a pesquisa no laboratório com questões tecnológicas. Nesse grupo estão dispostos aspectos como a metodologia e técnicas aplicadas no próprio espaço do laboratório, incluindo a organização e estrutura para a manutenção do mesmo. Além disso, as implicações tecnológicas das pesquisas desenvolvidas no laboratório podem estabelecer potenciais discussões sobre questões sociais relevantes.

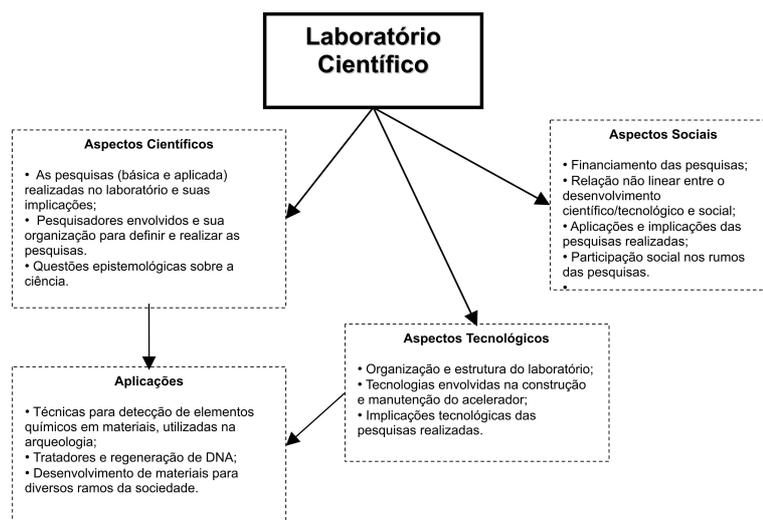


Figura 1 - Organização temática: laboratório científico.

No grupo *Aspectos Científicos* são tratadas questões importantes para o desenvolvimento da ciência, incluindo a pesquisa em física básica e aplicada. Nesse grupo também estão incluídas discussões que tratam a necessidade e importância da realização de pesquisas para o desenvolvimento científico e tecnológico bem como suas implicações na sociedade. Além disso, estão dispostos assuntos de natureza mais epistemológica que permeiam a relação entre a teoria e experimentação.

É evidente que os dois grupos apresentados estão fortemente relacionados. Para tanto, incluímos um terceiro grupo denominado *Aplicações*. Nele estão relacionados aspectos que envolvem tanto a tecnologia e a ciência quanto, por exemplo, as técnicas empregadas na datação de objetos e pinturas (reconstrução da evolução da vida na Terra ou os costumes do povo de um período) e as aplicações na saúde (DNA, regeneração celular etc.).

No grupo *Aspectos Sociais* são abordados elementos que, novamente, podem potencializar discussões próximas da realidade dos alunos. Assim, ao abordar esses assuntos, a preocupação está na construção de uma compreensão mais crítica sobre a produção da ciência e suas implicações sociais. Essa compreensão mais crítica pode se dar porque os alunos têm responsabilidade futura sobre qualquer tomada de decisão ou porque devem se preocupar com o desenvolvimento social, político e econômico de seu país. Vale ressaltar que os assuntos apresentados nesse grupo permeiam as discussões dos demais.

Ainda que essa organização requeira aprofundamentos, é possível perceber que muitos assuntos provenientes da visita ao laboratório podem ser discutidos na escola. No entanto, é necessário que o professor também tenha clareza sobre quais conteúdos abordar em cada escolha realizada. Nesse sentido, e talvez para mostrar um caminho, a seguir é apresentada uma organização conceitual para o *Pelletron*.

4.2. Organização conceitual

Para tratar os conceitos relacionados ao laboratório científico procurou-se algumas referências no currículo de física do terceiro ano do ensino médio, sendo este representado pelos livros didáticos. Além disso, foram consideradas algumas sugestões dos professores pesquisadores, em especial, no que se refere aos conceitos físicos essenciais para o entendimento das pesquisas realizadas no acelerador.

Assim, na organização conceitual (Fig. 2) são evidenciados alguns conceitos físicos, sem a preocupação de traçar os vínculos com outras disciplinas. No entanto, é importante ressaltar que tais vínculos são importantes para uma discussão onde o interesse se pauta nas trocas de informações e na formação crítica.

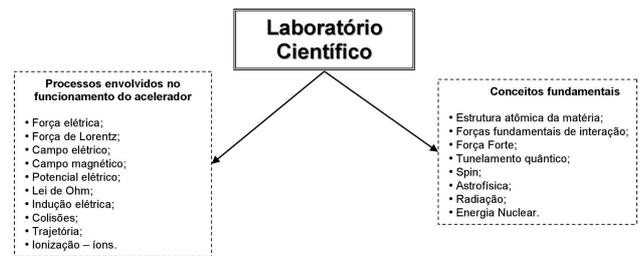


Figura 2 - Organização conceitual: laboratório científico.

Nessa organização, outros assuntos que se vinculam ao tema poderiam ser considerados; no entanto, optou-se por manter parte dos conceitos presentes nos livros didáticos. Entende-se que, desse modo, é possível fornecer mais subsídios para que o professor possa trabalhar com o material disponível nas escolas, principalmente no que se refere à física moderna e, consequentemente, à física nuclear.

A organização conceitual está dividida em dois grupos: *Processos envolvidos no funcionamento do acelerador* e *Conceitos Fundamentais*. O grupo *Processos* refere-se a princípios físicos ligados ao funcionamento do acelerador de partículas *Pelletron*. Apesar de envolver desafios tecnológicos complexos, os princípios físicos relacionados ao funcionamento básico do acelerador são de relativa simplicidade e podem ser abordados com alunos do ensino básico. Esses princípios foram classificados em três grandes áreas da física clássica: eletrostática, magnetostática e mecânica. Também podem ser incluídos nessas discussões conceitos relacionados à estrutura atômica da matéria.

As relações estabelecidas nesse grupo podem ser descritas da seguinte forma: a fim de se acelerar núcleos atômicos, é preciso aplicar uma força, que não pode ser uma força mecânica de contato devido ao diminuto tamanho dos núcleos. Portanto, utiliza-se uma *força elétrica*, que está intrinsecamente relacionada a um *campo elétrico*. Os núcleos encontram-se na natureza inseridos na *estrutura de um átomo*, que por ser neutro, não sofrerá a ação da força elétrica. Portanto, é preciso *ionizar* os átomos de interesse adicionando um elétron a sua estrutura. O campo elétrico estático que fará a aceleração dos átomos ionizados (*íons*), é gerado a partir de um terminal de 8 MV, cuja tensão é alcançada utilizando-se o princípio de *indução elétrica* e o transporte mecânico de cargas. Esse campo precisa ser uniforme e estável. Isso é garantido através de resistores colocados entre o terminal e o terra, que mantém *superfícies equipotenciais* perpendiculares à trajetória desejada dos íons, efeito que pode ser compreendido a partir da *lei de Ohm*. Finalmente, os íons precisam ter uma *trajetória* bem definida que os levará até a *colisão* com um alvo composto do material que se pretende estudar. Essa trajetória é mantida a partir de *campos magnéticos estáticos*, cuja força exercida nas cargas em movimento (*força de Lorentz*) garante a estabilidade dessas trajetórias.

No grupo de *Conceitos Fundamentais* procura-se discutir alguns princípios da *física moderna* relacionados com as pesquisas sobre o núcleo atômico realizadas no laboratório. A principal discussão que pode ser realizada neste grupo refere-se à *estrutura atômica* da matéria. Questionando-se a estabilidade do núcleo atômico, que possui constituintes de carga positiva que se repelem e, portanto, deveriam destruir o núcleo atômico, pode-se introduzir o conceito de *forças fundamentais de interação* como a *força forte*. O comportamento e as propriedades dos núcleos também podem ser utilizadas para a discussão de princípios da *física quântica*, como o *tunelamento quântico* e o *spin de partículas elementares*. Essas mesmas discussões podem ser direcionadas para se abordar a origem e dinâmica das estrelas (*astrofísica*) e a natureza das *raiações* e da *energia nuclear*.

A abordagem desses conteúdos é de suma importância para a compreensão do acelerador, já que possibilita entender o funcionamento do um laboratório de pesquisa, nesse caso o *Pelletron*. Contudo, não basta compreender apenas seu funcionamento, mas também o papel que desempenha dentro do contexto em que se encontra, aspecto presente na organização temática. Dessa forma, ainda que as organizações tenham sido construídas e apresentadas separadamente, a articulação entre elas é um aspecto fundamental para a consolidação da proposta em sala de aula, principalmente no que se refere a uma efetiva compreensão do tema por parte dos alunos. Além disso, a forma como as organizações foram construídas, permite ao professor seguir diferentes percursos, contudo, parece-nos essencial que ele faça as escolhas pautadas nos interesses dos alunos e nos objetivos almejados pelo contexto educacional.

5. Considerações finais

O tratamento de um tema requer articular questões relacionadas ao âmbito social, político e econômico, e ao mesmo tempo, privilegiar conceitos presentes no currículo de física. Um trabalho em sala de aula que vise tal articulação pode ser sistematizado por meio de dois âmbitos distintos, representados pelas organizações temática e conceitual. Essas organizações mostraram-se adequadas no que se refere à sistematização e ampliação das possibilidades de trabalho em sala de aula.

Além disso, para selecionar e organizar os conteúdos e assuntos sobre um tema torna-se imprescindível conhecer os dois contextos envolvidos, ou seja, o laboratório e a escola. Como primeira aproximação, sugere-se a interação com membros envolvidos (por exemplo, realização de entrevistas ou questionários) e a análise do currículo de física, por meio dos livros didáticos. Esses dois instrumentos mostraram-se de suma importância para nortear as organizações elaboradas. Contudo, cabe destacar que, para complemen-

tar as organizações, torna-se necessário conhecimento da realidade dos alunos e da esfera escolar (projeto pedagógico, professores etc.).

É importante ressaltar que as visitas e sua articulação com o contexto escolar precisam estar em constante reestruturação, buscando se adequar às transformações do público alvo e das pesquisas desenvolvidas no laboratório.

Como já destacado, almeja-se a construção de uma sociedade alfabetizada em ciência e tecnologia, capaz de participar de decisões que envolvem os rumos do desenvolvimento científico-tecnológico. Para isso não basta abordar um determinado tema considerando apenas elementos conceituais. Por exemplo, entender o funcionamento do acelerador *Pelletron*, somente a partir dos conceitos científicos não possibilitaria uma compreensão sobre a construção da ciência, sua relação com a tecnologia e com a sociedade. Para isso, os assuntos abordados na organização temática exercem um papel fundamental. Contudo, para compreender as questões temáticas também são necessários os conceitos científicos. Dessa forma, somente a articulação entre as duas organizações possibilita uma efetiva compreensão do tema.

Dito de outra forma, articular os assuntos abordados em ambas as organizações, proporciona uma “educação *pela* ciência” [3], que tem em vista a conscientização, por parte dos alunos, de que a ciência e a tecnologia também são elementos da cultura. Nesse sentido, aprender elementos sobre a natureza da ciência, o que envolve as discussões sobre as pesquisas que vêm sendo desenvolvidas no acelerador, sem deixar de lado a aprendizagem dos conceitos científicos, é o que complementa e dá sentido à “educação *pela* ciência”.

Cabe destacar também, que o trabalho de visita aqui apresentado diferencia-se das propostas de divulgação científica que vem sendo desenvolvidas, pois busca um diálogo entre sala de aula e centros de pesquisas. Essa busca por uma interação entre cientistas e sociedade, contribui tanto para os centros de pesquisa como para a formação de cidadãos aptos a participar de processos de tomada de decisão.

De modo geral, a tarefa extracurricular, como é encarada a visita ao *Pelletron* pelos professores e alunos, pode ser vista como uma atividade complementar que necessita de uma discussão mais aprofundada em sala de aula. Para tanto, é de extrema importância que o professor tenha clareza sobre as possibilidades de trabalho antes e depois da visita ao acelerador. Nesse sentido, as organizações temática e conceitual podem ser importantes na estruturação de aulas mais significativas, já que as discussões podem passar dos relatos para reflexões críticas e pautadas em argumentos científicos.

Também se sugere que a visita seja tratada e levada para as salas de aula com um viés mais próximo da realidade dos alunos de modo que os professores passem a considerar as transformações que ocorrem no mundo,

as visões de mundo estabelecidas e os problemas sociais que circundam a questão. Isso implica enriquecer o conhecimento escolar pelo científico e cotidiano, tal como evidencia García [8]. Evidentemente, essas considerações influenciam diretamente as escolhas que serão feitas nas organizações temática e conceitual. Em outras palavras, as intenções e interesses dos alunos e professores vão influenciar os trabalhos que serão realizados em sala de aula, considerando tanto os assuntos quanto os conceitos de maior interesse presentes nas organizações temática e conceitual.

Por fim, ainda que as discussões aqui apresentadas refiram-se a um contexto e tema particular, o acelerador *Pelletron*, podem contribuir para outras experiências da mesma natureza, que utilizam visitas aos centros de pesquisa como instrumento potencializador de discussões sobre as relações entre CTS.

Referências

- [1] M. Valério e W. Bazzo, Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación **7**, Septiembre-Diciembre (2006), disponível em <http://www.oei.es/revistactsi/numero7/articulo02b.htm>.
- [2] S. Cutcliffe, in: *Estudios Interdisciplinarios en la Universidad, en la Educación y en la Gestión Pública*, editado por M. Medina y J. Sanmartín, (Anthropos, Barcelona, 1990).
- [3] M.E. Santos, *A Cidadania na Voz dos Manuais Escolares* (Livros Horizonte, Lisboa, 2001).
- [4] H. Japiassu, *Um Desafio à Educação: Repensar a Pedagogia Científica* (Editora Letras & Letras, São Paulo, 1999).
- [5] W.L.P. Santos e R.P. Schnetzler, *Educação em Química: Compromisso com a Cidadania* (Editora da UNIJUÍ, Ijuí, 2003).
- [6] D. Auler, *Interações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade no Contexto da Formação de Professores de Ciências*. Tese de Doutorado, CED/UFSC, Florianópolis, 2002.
- [7] S.M.S. Cruz, *Aprendizagem Centrada em Eventos: Uma Experiência com Enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade no Ensino Fundamental*. Tese de Doutorado, CED/UFSC, Florianópolis, 2001.
- [8] J.E. García, *Hacia una Teoría Alternativa sobre los Contenidos Escolares* (Díada Editora S.L., Espanha, 1998).
- [9] G. Watanabe e M.R.D. Kawamura, In: X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, Londrina, 2006.
- [10] G. Watanabe, *Elementos para uma Abordagem Temática: A Questão das Águas e sua Complexidade*. Dissertação em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.