

A formação de engenheiros e tecnólogos segundo um paradigma antropocêntrico e o ensino de física experimental por investigação

RONALDO MARCHEZINI¹
MAURO SÉRGIO TEIXEIRA DE ARAÚJO²

Resumo

O atual estágio do desenvolvimento tecnológico da humanidade aponta para um novo paradigma referente ao perfil de formação dos engenheiros e tecnólogos, o antropocêntrico. Este perfil sugere um ensino que tenha uma abordagem CTS e pautado em atividades investigativas. Neste trabalho avaliou-se quais competências e habilidades compatíveis com este paradigma foram mobilizadas por alunos de graduação de um curso de Física experimental I do CEFET-MG ao participarem de uma atividade aberta. A metodologia utilizada foi a pesquisa-ação. Os resultados indicaram a mobilização das competências e habilidades esperadas, apontando para a utilização sistêmica deste tipo de atividade na disciplina de Física em um curso comprometido com o paradigma antropocêntrico.

Palavras-chave: *Atividade aberta, Competências e habilidades, Paradigma Antropocêntrico.*

Abstract

The current stage of technological development of mankind points towards a new paradigm regarding the training profile of engineers and technicians, the anthropocentric one. This profile suggests a school that has an STS approach and guided by investigative activities. In this paper we evaluate which competencies and skills compatible with this paradigm were mobilized by graduate students in a course of Experimental Physics I CEFET-MG participating in an open activity. The methodology was action research. The results indicated the mobilization of expected skills and abilities, pointing to the systemic use of this type of activity in the discipline of physics in a committed way with anthropocentric paradigm.

Keywords: *Activity open, skills and abilities, anthropocentric paradigm.*

Introdução

No final dos anos 50 e na década de sessenta surgiram diversos projetos que visavam modificar a forma como as ciências, destacando aqui a Física, eram ensinadas nas escolas. O foco principal desses projetos estava na forma como as ciências eram ensinadas. Citamos aqui, dentre outros, projetos como PSSC (Physical Science Study Committee), Harvard Physics Project e o Projeto de Ensino de Física, da Universidade

Trabalho apresentado no III Encontro de Produção Discente em Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, realizado em 23 de novembro de 2013 (modalidade comunicação oral) - Apoio: Fapemig e PROPESC-CEFETMG

¹ CEFET-MG/UNICSUL- ronaldom@deii.cefetmg.br

² Universidade Cruzeiro do Sul- mstaraujo@uol.com.br

de São Paulo. Na década de setenta e oitenta as pesquisas voltaram-se para a forma como os estudantes aprendem ciências, abordando temas como cognitivismo, concepções alternativas, resolução de problemas, representações mentais dos alunos, concepções epistemológicas dos professores, dentre outras (MOREIRA, 2000).

O avanço científico e tecnológico observado nos últimos anos levou a uma noção linear do desenvolvimento humano. Em outras palavras, o desenvolvimento científico-tecnológico produz desenvolvimento econômico que produz desenvolvimento social. Logo era necessário formar o maior número possível de cientistas justificando-se assim a necessidade de ensinar ciências para todos. Porém, a constatação recente de que o desenvolvimento científico-tecnológico não trouxe o esperado desenvolvimento social e a percepção dos efeitos negativos que a ação humana tem produzido no meio ambiente, contribuindo para sua degradação, apontaram para uma urgente participação de toda a sociedade na discussão dos rumos das pesquisas científico-tecnológicas.

Este novo contexto abriu uma nova perspectiva na questão que envolve o porquê ensinar ciências para todos os alunos. Apesar de um número reduzido deles terem interesse e pretenderem seguir a carreira científica, é necessário formar cidadãos capazes de avaliar, opinar, criticar e tomar decisões conscientes sobre as diferentes propostas de cunho científico e tecnológico. Este é um dos principais objetivos do enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) na educação (AULER, DELIZOICOV, 2001; AULLER, 2003; SANTOS, MORTIMER, 2002; BAZZO, 2002).

Assim, desmistificar o conhecimento científico e a forma como ele é produzido, levando os estudantes a compreendê-lo como uma produção humana e que possui limitações é um passo importante na busca desta formação. Isto os auxilia a perceber que a produção científica influencia e é influenciada pelo meio social, que está carregada de crenças e valores da comunidade científica na qual é produzida.

A forma expositiva como a produção científica e os conhecimentos gerados são didaticamente transpostos nas escolas brasileiras fortalece a visão de que são uma forma de conhecimento impessoal, uma verdade absoluta e imutável, produzida por personagens ímpares, dotados de uma inteligência fora do comum, que por terem este “dom” são aqueles que devem decidir sobre os rumos do desenvolvimento científico e tecnológico. Uma mudança significativa neste quadro passa por uma forma de ensino na qual o estudante deixa de ter um papel passivo, tendo a oportunidade de decidir, pelo

menos, qual o nível de aprofundamento que deseja ter em determinado assunto uma vez que, em geral, não pode decidir sobre o que e quando estudar algo. Isto requer que ele seja estimulado a buscar informações em outras fontes que não apenas o professor e o livro didático, a formular hipóteses, fazer testes, a cometer erros e avaliá-los, a propor e implementar soluções. Esta proposta é coerente com um ensino pro investigação proposta no documento: *Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning* (2000) publicado nos estados Unidos. Nele são apontadas como diretrizes aos estudantes:

1. o engajamento com perguntas de orientação científica;
2. dar prioridade às evidências ao responder questões;
3. formular explicações a partir de evidências, avaliar suas explicações à luz de outras alternativas, em particular as que refletem o conhecimento científico;
4. comunicar e justificar as explicações propostas.

Consideramos que esta necessidade estende-se também para os cursos superiores de engenharia e tecnológicos. A maioria desses cursos foram moldados seguindo o paradigma das sociedades industriais, o que reflete a estruturação de suas diferentes disciplinas, que não favorece o desenvolvimento destas importantes habilidades. Moreira (2000) destaca entre estas as disciplinas de Física Geral que geralmente são estruturados a partir do livro texto:

Aí parece que nunca saímos do paradigma do livro. Em nosso ensino de graduação, tanto nas disciplinas de Física Geral como nas avançadas, é o livro de texto que determina o nível do curso, a ementa, o programa, a sequência das aulas, enfim, o plano de ensino da disciplina. O laboratório parece ser uma obrigação incômoda para muitos professores; o ideal aparenta ser explicar, ou simplesmente repetir, o que está no livro e dar uma lista de problemas aos alunos. (MOREIRA, 2000, p. 95).

Este tipo de formação produz engenheiros e tecnólogos que ao produzirem interferências ambientais e sociais pautam suas decisões em conhecimentos técnicos não compartilhados.

Além disso, a sociedade vive um momento em que as novas tecnologias adentram cada vez mais a vida das pessoas, alteram os meios de produção e por eles são alteradas. Os

cidadãos, por sofrerem as influências destas novas tecnologias, devem ter garantido o direito de opinar, criticar, avaliar e decidir sobre assuntos a elas relacionados. Daí a necessidade de formar técnicos especialistas que interajam com pessoas não especialistas na constituição do que Linsingen e Bazzo (2002) denominam de sociedade tecnológica, caracterizada pela indissociabilidade entre a tecnologia e a sociedade. Esses autores defendem a necessidade de uma mudança de paradigma, ou seja, do paradigma pós taylorista para o sociotécnico ou antropocêntrico. A principal diferença destes modelos refere-se à relação entre a sociedade e a tecnologia: enquanto no primeiro as pessoas devem se subordinar às tecnologias, no segundo a tecnologia deve ser especificamente subordinada às necessidades humana e das organizações.

No paradigma antropocêntrico o perfil do engenheiro ou tecnólogo exige, entre outras habilidades, que ele tenha conhecimentos técnicos específicos, capacidade de comunicação oral e escrita, espírito de liderança, capacidade de estabelecer relações interpessoais e de autoaprendizagem, inventividade e criatividade, sólida formação em ciências físicas e matemáticas e compromisso com a profissão, colocando todas estas qualidades primeiramente a serviço da sociedade e da melhoria da qualidade de vida e não da racionalidade técnica voltada para o aumento da produtividade e do lucro.

Quanto a não adequação da forma tradicional de ensino a esse novo paradigma Linsingen e Bazzo consideram que ela não consegue desenvolver satisfatoriamente estas habilidades e indagam:

Nessa nova perspectiva, onde se encaixa a práxis pedagógica que privilegia a ‘transmissão’ de conhecimento de um detentor para um receptor passivo, o conhecimento técnico parcelar tacitamente descontextualizado e despersonalizado, a adoção de métodos punitivos de avaliação, a grade curricular rígida e linear? (LINSINGEN e BAZZO, 2002, p. 253).

Ao planejarmos uma disciplina de Física Experimental em um curso de graduação pautados neste novo paradigma buscamos elaborar atividades experimentais que paulatinamente migraram de uma abordagem estruturada para uma investigativa. Esse tipo de atividade é considerado como apropriado para se alcançar os objetivos de uma abordagem CTS, coerentes com o paradigma antropocêntrico:

A aquisição de conhecimentos científicos e tecnológicos

enfatizaria aspectos relacionados ao interesse pessoal, à preocupação cívica e às perspectivas culturais. Os processos de investigação científica e tecnológica propiciariam a participação ativa dos alunos na obtenção de informações, solução de problemas e tomada de decisão. A interação entre ciência, tecnologia e sociedade propiciaria o desenvolvimento de valores e ideias por meio de estudos de temas locais, políticas públicas e temas globais. (SANTOS e MORTIMER, 2002, p. 6).

O Parecer CNE/CSE 583/2001 intitulado Orientação para as Diretrizes Curriculares dos Cursos de Graduação apresenta quatorze habilidades que se espera que os formandos em cursos de engenharia possuam. Destas, selecionamos seis que consideramos mais se aproximar de um enfoque CTS e com uma formação antropocêntrica, constituindo o nosso referencial para analisar os resultados obtidos com a atividade investigativa aqui descrita e que compõe um conjunto de ações realizadas na disciplina de Física Experimental I. As habilidades selecionadas foram:

- I. aplicar conhecimentos matemáticos, científicos, tecnológicos e instrumentais à engenharia;
- II. projetar e conduzir experimentos e interpretar resultados;
- III. identificar, formular e resolver problemas de engenharia;
- IV. comunicar-se eficientemente nas formas escrita, oral e gráfica;
- V. atuar em equipes multidisciplinares;
- VI. avaliar a viabilidade econômica de projetos de engenharia.

O planejamento e a implementação da disciplina de Física Experimental I com enfoque CTS fazem parte de uma pesquisa mais ampla de doutorado. Uma característica fundamental da proposta aqui apresentada é o desenvolvimento de atividades experimentais investigativas em substituição às práticas com roteiros estruturados. Nesta perspectiva, como já dissemos, fizemos um movimento gradual das práticas estruturadas para as de roteiro mais aberto e investigativo. Consideramos como atividades estruturadas aquelas que contam com um roteiro que define o objetivo da atividade, os passos a serem seguidos, oferecendo pouca ou nenhuma possibilidade para os alunos refletirem sobre aquilo que está sendo executado.

Por outro lado, nas atividades investigativas os alunos são provocados a apropriarem-se

do problema, refletir sobre ele e buscar os conhecimentos e métodos necessários para solucioná-lo. As atividades abertas enquadram-se nessa categoria e compreendem situações nas quais os alunos decidem o problema a ser pesquisado e as situações nas quais o mesmo é apresentado a eles. Optamos por apresentar aos alunos um problema prático a ser solucionado por não sabermos como seria o comportamento dos alunos neste tipo de atividade no que refere ao grau de concentração/dispersão e qual seria o tempo mínimo necessário para que eles identificassem, estruturassem, desenvolvessem e solucionassem o problema proposto.

Cabe ressaltar que o tempo tornou-se um fator preponderante, uma vez que ao longo do semestre existia uma ementa do curso a ser cumprida, implicando em um tempo reduzido para o desenvolvimento de um projeto mais aberto. Nesta atividade nos concentramos na Natureza da Ciência, focando principalmente na relação entre a experimentação e o desenvolvimento científico-tecnológico.

A pesquisa foi realizada envolvendo alunos de duas turmas na disciplina Física Experimental I, uma com 12 alunos e a outra com 10 alunos. Dos doze alunos da primeira turma, 11 frequentavam o curso de Química Tecnológica e um o de Engenharia da Computação. Dos dez alunos da segunda turma, 9 frequentavam o curso de Engenharia de Produção Civil e um aluno o de Engenharia de Computação.

1- Questão de pesquisa e metodologia de coleta de dados

Como objetivos centrais desta pesquisa destacamos avaliar a evolução do comportamento dos alunos dentro de uma atividade aberta com duração de um semestre letivo no que se refere ao seu engajamento e comprometimento, bem como identificar quais competências eles mobilizaram neste tipo de atividade. Norteamos a elaboração da atividade a partir do seguinte questionamento: A simples observação é o ponto de partida para a “descoberta científica” ou uma observação é produtiva quando é precedida de uma intenção ou de um conhecimento teórico?

Utilizamos para a coleta de dados os registros do diário de bordo do professor-interventor, responsável pela disciplina, e o diário de bordo dos grupos de alunos, preenchido ao longo do semestre. A metodologia da pesquisa foi a pesquisa-ação uma vez que a própria prática era investigada. O professor atuou todo o tempo como pesquisador e interventor.

1. Descrição da atividade

A atividade foi iniciada pedindo aos alunos que se organizassem em grupos de no máximo 3 integrantes. Em seguida apresentamos o problema: cada grupo recebeu um cubo de silicone azul, opaco, de aproximadamente 5 cm de aresta (Figura 1A). Informamos aos alunos que dentro de cada cubo havia uma peça metálica maciça que poderia diferir em forma e/ou material. Eles deveriam determinar a forma da peça e de que material ela era constituída e para isto poderiam adotar qualquer procedimento, exceto abrir o silicone. As duas últimas semanas do semestre letivo deveriam ser utilizadas para que apresentassem o resultado obtido, finalizando assim o projeto. Cada grupo recebeu um pequeno caderno (figura 1B) que deveria funcionar como um diário de bordo. Todas as ações desenvolvidas durante o semestre deveriam ser registradas nesse caderno.

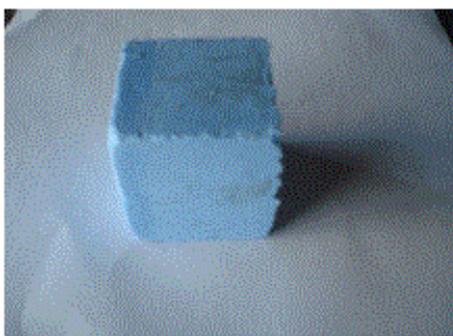


FIGURA 1A

Figura 1a – Cubo de silicone azul, opaco, de aproximadamente 5 cm de aresta



FIGURA 1B

Figura 1b – Diário de bordo

Durante a apresentação do problema os alunos demonstraram muita surpresa e curiosidade. Imediatamente pegaram o cubo e através do tato tentaram determinar a forma da peça. Não obtendo sucesso, começaram a equacionar o problema e por várias vezes indagaram: “*Durante o curso nós vamos aprender como resolver o problema?*” Entendemos que esta indagação é um indício que eles não estavam familiarizados com atividades de caráter tão aberto, mostrando uma postura de quem aguarda a solução partir da ação do professor.

Como a totalidade dos alunos tinha concluído o segundo período de seus respectivos cursos, já haviam frequentado aulas experimentais em disciplinas específicas do curso. Por isso não tiveram dificuldade em estabelecer um método para determinar o volume do cubo. Contribuiu também para isto a primeira atividade experimental da disciplina de

Física Experimental I, na qual foram trabalhados os conceitos de densidade de ligas e massa específica de substâncias metálicas.

Atendendo a um pedido dos alunos, foi fornecido um pedaço de silicone puro. Os grupos adotaram então o seguinte procedimento: inseriram o silicone em um Vaso de Pisane cheio de água e então recolheram a água que extravasou para determinar o valor do volume do exemplar de silicone. Em uma balança de semiprecisão mediram a massa do exemplar e então calcularam a densidade do silicone. Repetiram o processo para o cubo, obtendo assim sua densidade. Como o segundo valor era maior que o primeiro, concluíram que a peça tinha uma densidade superior à do silicone e que necessitavam determinar em seguida a densidade da peça. Na segunda aula desenvolveram o equacionamento do problema, empregando as expressões matemáticas apresentadas a seguir.

$$d_{peça} = \frac{m_{peça}}{v_{peça}}$$

$$m_{peça} = m_{cubo} - m_{silicone}$$

$$m_{silicone} = d_{silicone} \times v_{silicone}$$

$$v_{silicone} = v_{total} - v_{peça}$$

Os alunos observaram que para resolver o problema necessitavam determinar a forma e as dimensões da peça incrustada no silicone, pois assim poderiam determinar também o seu volume.

Dois grupos consideraram que sabendo a densidade do silicone puro, a massa e o volume do cubo, seria possível determinar a massa da peça. Após as duas aulas seguintes permaneceram em sala por mais de trinta minutos apresentando o raciocínio e discutindo sobre como determinar a massa. Adotamos a postura de problematizar e apontar falhas ou deficiências no raciocínio dos estudantes. Entendemos que esta postura dos alunos indicou que estavam bastante engajados com a atividade. Alguns depoimentos também reforçam esta constatação como, por exemplo:

- a) Uma aluna do curso de construção civil relatou que levou o cubo para o serviço para pedir auxílio aos colegas, dizendo que: *“Ao tomar conhecimento da proposta, meu chefe pediu para eu tentar arrumar um cubo daqueles para ele. Ele é fã de quebra-cabeças”*.
- b) Uma aluna do curso de Química relatou: *“passei o dia de domingo com meu namorado discutindo e tentando resolver a questão.”*

c) Um grupo de alunos relatou que estudantes de outras turmas e períodos, após tomarem conhecimento da atividade, manifestarem o interesse em fazer a disciplina para terem oportunidade de participarem de atividades deste tipo.

Entendemos que houve um engajamento na atividade porque os alunos apresentaram a propostas e interagiram com outras pessoas além daquelas vinculadas diretamente à disciplina. Este transcender à sala de aula acontece quando se está motivado com a atividade proposta.

Nas terceira e quarta aulas, os alunos fizeram coletas de dados voltadas à determinação da massa e volume do cubo e do silicone puro. Estas ações foram desenvolvidas após concluírem as atividades previstas para estas aulas, o que implicou na permanência de alguns deles no laboratório após o término da aula.

Iniciou-se então um período de estagnação das ações. Contribuiu para isto o fato dos alunos estarem cursando outras disciplinas que lhes exigiam tempo de dedicação extraclasse e a interrupção das aulas devido ao período de férias escolares. Um terceiro fator foi, para nós, mais preponderante: dado o elevado grau de dificuldade da atividade, em vários momentos os alunos demonstraram uma atitude passiva, aguardando o momento, “que certamente viria”, em que o professor daria as pistas para se resolver o problema.

Após este período de estagnação uma aluna da turma 1 apresentou uma possível solução para se determinar a forma da peça: *“meu namorado, que é técnico em radiologia, sugeriu que nós devemos fazer um raio X do cubo”*.

Frente a esta proposta os alunos questionaram se isto era permitido, sendo então informados que sim, uma vez que o cubo não seria aberto. Porém, foi colocado que ao utilizarem este tipo de recurso, deveriam estudar sobre o funcionamento do raio X e colocar no diário de bordo um texto explicativo sobre o mesmo. Esta proposta foi logo acolhida pelos demais grupos da turma 1.

Na turma 2 sugeriram duas outras tentativas de se determinar de que material era feito a peça, ou seja:

- 1- determinar se o material era ou não ferromagnético;
- 2- determinar a resistividade do material.

Os alunos avaliaram que determinar se o material era ou não ferromagnético iria

acrescentar pouco na solução do problema, pois mesmo de posse desta informação ficariam com diversas opções. Avaliaram também que a determinação da resistividade era importante, pois poderiam consultar uma tabela e descobrir de que era feita a peça. Para tanto, introduziram finas agulhas metálicas no cubo até tocar a peça. Em seguida, com um ohmímetro, mediram o valor da resistência elétrica. O resultado foi inconclusivo uma vez que para determinar a resistividade é necessário se conhecer o comprimento do condutor e a área da secção reta.

Apesar do insucesso em algumas tentativas realizadas pelos grupos de alunos, a elaboração de hipóteses e o seu teste frente a situações experimentais ilustra que os alunos estavam se utilizando de alguns procedimentos típicos do método científico, o que de alguma maneira poderia contribuir para o desenvolvimento de suas capacidades de análise, reflexão e atuação frente a diferentes problemas.

Dois grupos optaram por mapear a forma da peça introduzindo uma série de agulhas metálicas perpendicularmente a cada face do cubo. Embora um grupo tenha obtido a forma aproximada da peça, a medida das dimensões possuía uma imprecisão muito grande o que, segundo eles, dificultou a determinação do tipo de material. Ao tomarem conhecimento do sucesso dos outros grupos utilizando o raio X optaram por também realizar este procedimento.

As figuras 2A, 2B e 2C mostram alguns resultados das chapas de raio X.

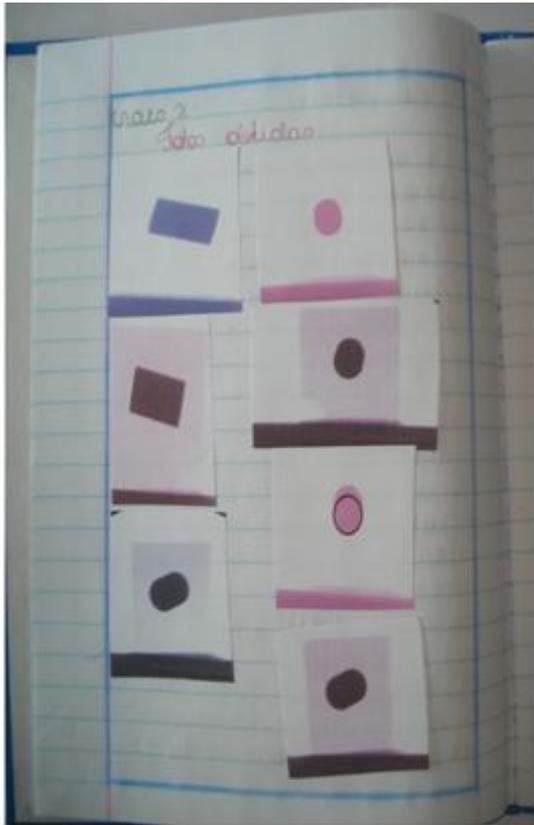


FIGURA 2A

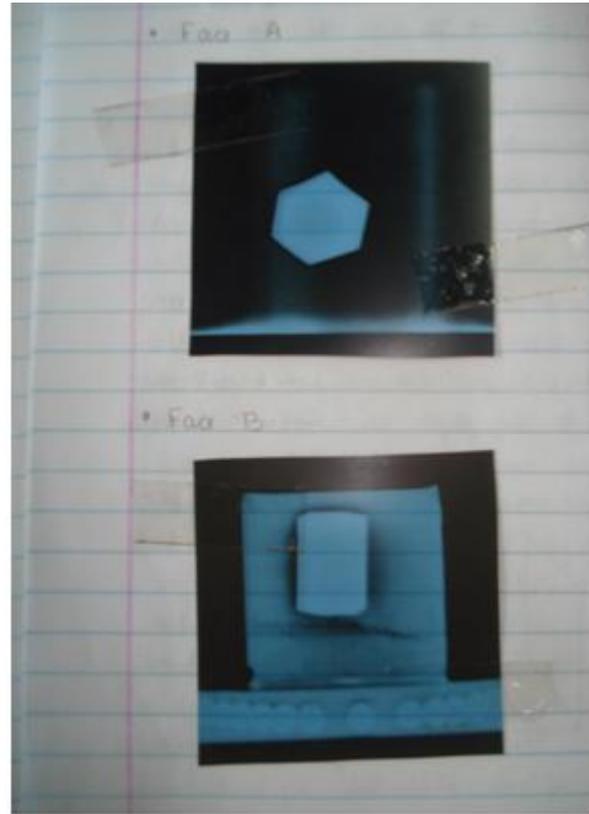


FIGURA 2B

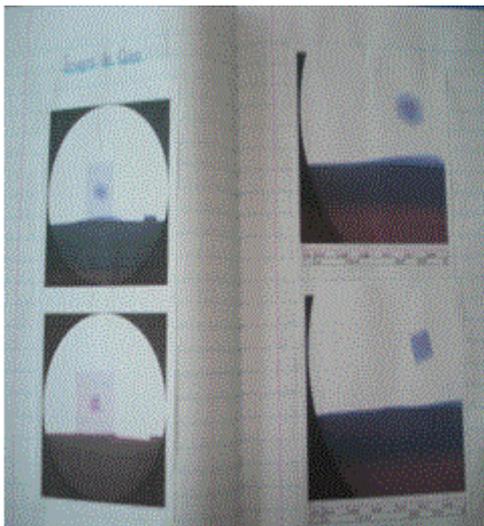


FIGURA 2C

Figura 2 – Ilustrações das chapas de raio X tiradas pelos grupos de alunos.

A utilização do raio X levou os alunos a levantarem duas questões:

- 1- Como eles decidiram dividir o custo das chapas, houve a preocupação de se saber quantas chapas seriam necessárias para se determinar a forma da peça,

uma vez que o raio X oferece uma imagem em duas dimensões. Por não terem certeza de que a peça estaria alinhada com as faces do cubo, concluíram que seriam necessárias no mínimo três chapas.

- 2- Uma vez que a imagem obtida por meio do raio X não necessariamente seria do tamanho da peça, teriam que criar uma escala para determinar seu tamanho real. Quatro grupos optaram por fazer chapas em aparelhos mais sofisticados e que já apresentavam as medidas e as escalas. Os outros grupos optaram por inserir no cubo uma agulha metálica de comprimento conhecido e usar sua imagem como parâmetro na construção da escala (Figuras 3A e 3B).

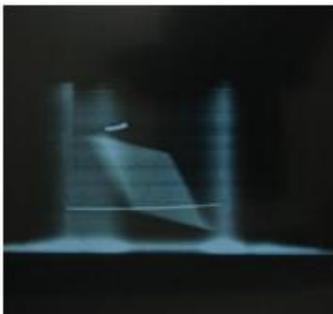


FIGURA 3A

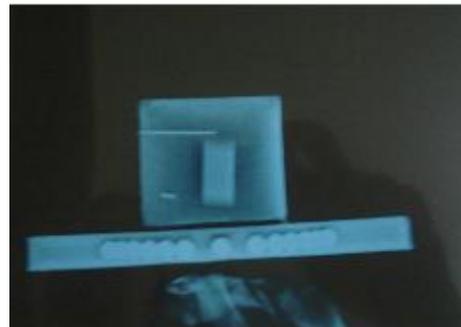


FIGURA 3B

Figura 3a e 3b – Imagens de raio X tiradas dos blocos de silicone mostrando o objeto contido em seu interior e as agulhas utilizadas como escala.

Concluída a etapa de obtenção, através do raio X, da forma e volume da peça, os alunos iniciaram o cálculo da densidade para determinar o material de que a mesma era feita.

O primeiro grupo a concluir os cálculos obteve o valor $5,9 \text{ g/cm}^3$ e ao consultar a tabela periódica perceberam que esta densidade corresponde ao Gálio. Consideraram então que poderia haver algum erro nos cálculos, uma vez que o custo do Gálio é elevado em relação à atividade proposta. Consideraram também que por ter ponto de fusão baixo, em torno de 27°C , em um dia mais quente poderia fundir, o que atrapalharia a atividade. Apresentaram então estas ponderações ao professor, que confirmou não ter usado este material na confecção de nenhuma peça, o que levou os alunos a refletir sobre as possíveis fontes de erro que os estavam levando à aquelas conclusões. Concluíram que necessitavam utilizar uma balança e uma proveta de maior precisão e para isto utilizaram equipamentos do laboratório de Química Analítica, refazendo novamente as medidas. Os alunos obtiveram então a densidade $8,2 \text{ g/cm}^3$ e ao consultarem a tabela de densidades não encontram nenhum metal com esta densidade. Questionaram então o professor, sendo então discutida a necessidade de se determinar a imprecisão (erro) da medida. Como nas duas primeiras aulas de Física Experimental este tema de erros de

medidas e propagação de erros foi tratado, os alunos recorreram a estes conhecimentos para determinar a imprecisão da medida, obtendo como medida final $(8,2 \pm 0,6) \frac{g}{cm^3}$.

Este resultado apontou para metais cuja densidade estivesse entre $7,6$ e $8,8 \frac{g}{cm^3}$. Deste modo, foi necessário empregar outro parâmetro para a identificação do material e os alunos deste grupo optaram pela propriedade ferromagnética. Aproximando um ímã forte do cubo perceberam que a peça não era atraída. Concluíram, assim, que a peça era de cobre, metal não ferromagnético, cuja densidade é $8,8 \frac{g}{cm^3}$. Quatro grupos compartilharam da discussão e adotaram procedimentos semelhantes. Em um deles o resultado obtido da densidade foi $(7,3 \pm 0,8) \frac{g}{cm^3}$ e o material foi atraído pelo ímã. Concluíram que a peça era de aço. Outros três outros grupos cujos resultados foram $(8,2 \pm 0,5) \frac{g}{cm^3}$, $(7 \pm 1) \frac{g}{cm^3}$ e $(6,5 \pm 0,5) \frac{g}{cm^3}$ adotaram procedimentos semelhantes e concluíram que suas peças eram feitas de aço.

Um grupo obteve como resultado para a densidade o valor $(3,6 \pm 0,6) \frac{g}{cm^3}$. Concluíram tratar de uma peça de alumina. Antes de realizar os cálculos para a obtenção da densidade, o grupo já havia avaliado que o seu valor era mais baixo que o das peças dos demais grupos, pois no raio X a peça apresentou-se mais clara (menos nítida). Outro grupo obteve o valor $(3,3 \pm 0,8) \frac{g}{cm^3}$ e concluíram que era uma peça de alumínio.

O último grupo obteve o valor $(9,5 \pm 0,9) \frac{g}{cm^3}$. Selecionaram os metais cujas densidades encontravam-se dentro desta faixa e excluíram o bismuto, nióbio, polônio e prata, devido à sua escassez ou devido ao custo alto para produção do objeto. O chumbo foi excluído devido a sua alta densidade. Concluíram tratar-se de um cone de cobre.

3. Discussões dos resultados

Inicialmente, ao receberem o cubo de silicone os alunos utilizaram-se da simples observação para tentarem solucionar o problema. Olharam de diferentes ângulos tentando visualizar a forma, apalpam e buscaram “sentir” o peso. Devido ao insucesso dessas tentativas recorreram ao conceito científico de densidade, cuja determinação pressupõe um conhecimento prévio e uma observação intencional, uma vez que esta não é uma grandeza física aparente.

A utilização do raio X necessitou do conhecimento sobre as radiações, sobre o

funcionamento do aparelho, suas possibilidades e suas limitações. Esta percepção reforçou nos alunos a noção que já possuíam de que toda experimentação/observação científica é produtiva quando existe um conhecimento prévio e uma intencionalidade. Esta visão foi reforçada ao buscarem medir a resistividade do material e seu comportamento sob a ação de um campo magnético.

Frente aos resultados apresentados pelos alunos, obtidos dos relatos feitos durante todo o processo e da leitura do “diário de bordo” de cada grupo concluímos que a atividade aberta possibilitou aos alunos mobilizarem as competências e habilidades selecionadas e anteriormente numeradas de I a VI. Ao equacionarem o problema, ao valerem-se do aparelho de raio X, balanças de precisão, provetas etc, mobilizaram as competências listadas em I, II e III. O desenvolvimento do trabalho em si, que foi em grupo, e o fato de necessitarem buscar informações em outras áreas, como a radiologia, para solucionar o problema indica que mobilizaram a competência V. Na seleção dos materiais que constituem a peça usaram como critério de exclusão o custo financeiro de determinados metais, que era alto para o tipo de atividade proposta, o que implica na avaliação da viabilidade econômica de um determinado projeto.

Verificamos que no período inicial (quatro primeiras semanas) e no período final (três últimas semanas do semestre letivo) houve grande comprometimento e engajamento dos alunos com o desenvolvimento da atividade. Os relatos feitos por eles acerca das discussões que tiveram com colegas de outras turmas, o fato de levarem o problema para o ambiente de trabalho ou para o ambiente familiar e o fato de permanecerem após o horário de aula discutindo com o professor sobre o problema constituem fortes indícios deste comprometimento e engajamento.

A atividade, porém, apresentou um forte grau de dispersão, principalmente no meio do semestre. Entendemos que dois fatores externos à atividade contribuíram para esta dispersão: a interrupção dos trabalhos no meio do semestre devido às férias escolares e os períodos de provas das outras disciplinas. O período de férias apresenta-se como uma questão atípica, pois a interrupção no meio do semestre ocorreu para acerto de calendário letivo devido a uma greve feita pelos professores em período anterior. O período de provas de outras disciplinas configura-se como uma questão frequente que deve ser avaliada sempre que se propõe uma atividade investigativa como esta.

Além disso, uma questão interna relacionada ao planejamento da atividade contribuiu

para a dispersão, ou seja, o problema foi proposto nas primeiras aulas e os alunos dispunham de todo o semestre para solucioná-lo. Ao planejarmos a atividade reservamos este tempo por não sabermos o grau de dificuldade da atividade na perspectiva dos alunos e não sabermos que tipos de encaminhamentos e procedimentos visando a solução do problema seriam propostos. De posse destas informações é possível planejar um tempo mais adequado para a atividade de forma a atenuar a dispersão.

Conclusão

A partir dos resultados obtidos concluímos que a utilização da atividade experimental investigativa propiciou aos alunos a mobilização das habilidades esperadas. Entendemos que isto confere a esta disciplina um novo status que não o de apenas auxiliar na compreensão dos conhecimentos abordados nas aulas de Física teórica. Para tanto, a utilização de atividades abertas deve ser uma constante e não apenas esporádica, ampliando o desenvolvimento de importantes competências nos estudantes.

Referências

AULLER, D., DELIZOICOV, D. Alfabetização Científico-Tecnológica Para Quê? *Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 3, n. 1, p.105-116, Jun. 2001.

AULLER, D. Alfabetização Científico-Tecnológica: Um Novo “Paradigma”? *Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 5, n. 1, p.69-83, março de 2003.

BAZZO, W. A. A pertinência de abordagens CTS na educação tecnológica. [OEI - Ediciones](#) - [Revista Iberoamericana de Educación](#) - [Número 28](#), p. 83-99, janeiro-abril de 2002.

CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO. Parecer CNE/CSE 583/2001: Orientação

para as Diretrizes Curriculares dos Cursos de Graduação. **Diário Oficial da União**, Brasília, 29 de outubro de 2001.

CNE. Resolução CNE/CES 11/2002. Diário Oficial da União, Brasília, 9 de abril de 2002. Seção 1, p. 32.

LINSIGEN, V. I., BAZZO, W. A. *Novos modelos de Produção e Formação do Engenheiro: Uma Abordagem CTS. Panorama dos Estudos sobre Ciência, Tecnologia e Sociedade na América Latina*. Dagnino, R. e Thomas, H. (Organizadores). Cabral editora e Livraria Universitária, 2002.

MOREIRA, M. A. Ensino de Física no Brasil: Retrospectiva e Perspectivas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 22, n. 1, p.94-99, 2000.

SANTOS, W. L. P., MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. *Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 2, n. 2, p.133-162, 2000.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL: *Inquiry and the National Science Standards: A guide for teaching and learning*. New York, National Academy Press, 2000.