



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Decanato de Pesquisa e Pós-Graduação

Instituto de Ciências Biológicas

Instituto de Física

Instituto de Química

Faculdade UnB Planaltina

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS

MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS

Radiação eletromagnética e Radioatividade- uma abordagem em aulas
de Química do ensino médio em busca da (re)significação do
conhecimento dos alunos

Liliane Pereira Furtado

Brasília – DF

AGOSTO

2016



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Decanato de Pesquisa e Pós-Graduação

Instituto de Ciências Biológicas

Instituto de Física

Instituto de Química

Faculdade UnB Planaltina

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS

MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS

Radiação eletromagnética e Radioatividade - Uma abordagem em aulas de Química do ensino médio em busca da (re)significação do conhecimento dos alunos

Liliane Pereira Furtado

Dissertação realizada sob orientação da Prof^a. Dr.^a Patrícia Fernandes Lootens Machado e apresentado à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília.

Brasília – DF

AGOSTO

2016

FURTADO, L. P.

Radiação eletromagnética e Radioatividade - Uma abordagem em aulas de Química do ensino médio em busca da (re)significação do conhecimento dos alunos /UnB, Brasília, 2016.

127f. (Dissertação)

67p. (Módulo de Ensino)

Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília. Instituto de Ciências Biológicas/Instituto de Física/Instituto de Química/Faculdade UnB Planaltina.

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências.

1. Ensino CTS; 2. Ensino-aprendizagem; 3. Radiação eletromagnética;
 4. Radioatividade; 5. Radiação ionizante; 6. Radiação não-ionizante.
-

FOLHA DE APROVAÇÃO

LILIANE PEREIRA FURTADO

“Radiação eletromagnética e Radioatividade - Uma abordagem em aulas de Química do ensino médio em busca da (re)significação do conhecimento dos alunos”

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

Aprovada em 26 de agosto de 2016.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Patrícia Fernandes Lootens Machado
(PPGEC-IQ/UnB – Presidente)

Prof. Dr. Roberto Ribeiro da Silva
(PPGEC-IQ/UnB – Membro Interno)

Profa. Dra. Joice de Aguiar Baptista
(PPGEC-IQ/UnB – Membro Interno)

Prof. Dr. Ricardo Gauche
(PPGEC-IQ/UnB – Membro Suplente)

*Aos meus pais que acreditaram nos meus sonhos.
A minha orientadora que me ajudou incondicionalmente.
Ao meu esposo que esteve ao meu lado em todos os momentos.
Aos meus amigos que me fortaleceram nos momentos difíceis.
Aos meus alunos que são o motivo da realização deste trabalho.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, eu agradeço a Deus por ter me fortalecido nos momentos tão difíceis.

Agradeço à minha orientadora, Patrícia Fernandes Lootens Machado, que acreditou em mim, muitas vezes soube ser uma grande amiga, ensinou-me muito além do mestrado e foi uma referência de pesquisadora, professora e ser humano.

Agradeço, em especial, à minha querida mãe, que foi meu terceiro braço. Ela ajudou-me incondicionalmente na concretização deste trabalho, sem ela eu não teria conseguido. Espero um dia retribuir tanto amor e compreensão.

Agradeço ao meu pai, à Eliene, aos meus irmãos e aos meus sobrinhos que acreditaram na realização deste trabalho.

Agradeço ao meu esposo, Cleberson de Brito Barros, pela sua compreensão nos momentos de ausência e nos momentos de insegurança. Agradeço também por seu acolhimento tão carinhoso.

Agradeço à minha irmã, Keila Rejane Furtado, que por tantas vezes me apoiou e não mediu esforços em ajudar-me.

Agradeço aos meus amigos da graduação Silvio Célio, Clarissa Oliveira e Mariana Jansen, que por tantas vezes souberam me confortar e me motivar.

Agradeço aos meus colegas de mestrado que me ajudaram nas disciplinas, na realização das tarefas e na concretização deste trabalho, em especial a Luciane Magda e a Raimunda Leila.

Agradeço às minhas primas, Janete Palazzo, Stefany Langamer, à minha cunhada, Késia Barros, e a minha tia, Virgínia Palazzo, que sempre me deram uma palavra de incentivo.

Agradeço à minha prima, Andréia de Oliveira Matos (*in memoria*), que mesmo não estando mais presente na minha vida, inspirou-me na escolha do tema.

Agradeço aos professores do PPGEC que me ensinaram e fizeram refletir o meu saber docente. Em especial, agradeço ao professor, Roberto Ribeiro da Silva, que me emprestou os materiais utilizados na proposição de ação profissional docente.

Agradeço aos meus queridos alunos que são o motivo da busca incansável da profissional que quero me tornar.

A maior recompensa para o trabalho do homem não é o que ele ganha com isso, mas sim, o que ele se torna com isso.

John Ruski

RESUMO

Este trabalho dissertativo tem por objetivo analisar uma metodologia de ensino-aprendizagem elaborada e aplicada em duas turmas de 3ª série do Ensino Médio de uma escola situada na Região Administrativa Recanto das Emas – DF. Participaram dessa pesquisa 73 alunos, sendo 37 na turma denominada por TX e 36 na TY. Essa proposta buscou contemplar uma abordagem CTS sobre radiação eletromagnética e radioatividade, baseada na literatura disponível. A concepção alternativa dos alunos participantes dessa pesquisa sobre radiação eletromagnética e radioatividades foi nosso ponto de partida. Apesar de já terem estudado alguns dos conteúdos relacionados na 2ª série, identificamos muito equívocos conceituais e uma falta de habilidade em relacionar situações ou mesmo aplicações do conhecimento sobre radiação ionizante e não ionizante. Baseados em tais observações, propusemos um material em que o foco foi a articulação dos conteúdos relacionados à radiação eletromagnética, sua principal fonte, as aplicações, vantagens, desvantagens, os impactos sociais e ambientais. Nossa pesquisa pode ser caracterizada como um estudo de caso e a análise dos resultados teve predominância qualitativa. Coletamos os dados por meio de gravações das aulas em áudios e de anotações no diário da professora, contudo o maior volume de dados veio das atividades realizadas pelos alunos (exercícios resolvidos em sala, questionamentos sobre as atividades experimentais, tarefas de casa, fichas de avaliação de aprendizagem, avaliações e a participações durante as aulas). A análise dos dados nos revelou que a proposição aplicada se revelou um instrumento promissor para que os alunos associassem o conhecimento da Ciência sobre radiação eletromagnética e radioatividade a questões sociais, éticas, tecnológicas, ambientais, políticas e econômicas. Durante a aplicação da proposta, observamos que os recursos didáticos e as estratégias de ensino favoreceram a participação mais ativa dos alunos, proporcionando um clima encorajador, propício a reflexões sobre as situações expostas. Apesar do resultado promissor dessa experiência, consideramos que tanto o material como a forma de trabalhá-lo pode ser melhorada. Isso pode ser possível com a continuidade de sua aplicação, com a adaptação à realidade de diferentes escolas e à necessidade de diferentes educandos.

Palavras-chave: Ensino CTS; Ensino-aprendizagem; Radiação eletromagnética; Radioatividade; Radiação ionizante; Radiação não-ionizante.

ABSTRACT

The goal of this dissertation is to analyze a teaching-learning methodology developed and applied in two classes of the 3rd grade of high school at a school located in the Região Administrativa Recanto das Emas – DF. In this research, 73 students took part, 37 in TX class and 36 in TY class. This proposal was based on CTS approach to electromagnetic radiation and radioactivity, in accordance to available literature. The alternative design of the students who participated in the research on electromagnetic radiation and radioactivity was our starting point. Despite the participating students have already studied some of the related content in the 2nd year of high school, we have identified misconceptions and a lack of ability to relate situations or applications of ionizing radiation and non-ionizing knowledge. Based on these observations, we proposed a material in which the focus was the articulation of contents related to electromagnetic radiation, its main source, the applications, advantages, and disadvantages, social and environmental impacts. Our research was a case study and the data analysis methodology is predominantly qualitative. The data consist of classes audios recorded and notes in the teacher's diary, but the majority of data came from the educational activities carried out by students (exercises, questions about the experimental activities, homework, learning evaluation forms, assessments and participation in class). The data analysis has revealed to us that the applied proposal contributed to the students associate the electromagnetic radiation and radioactivity science knowledge with social, ethical, technological, environmental, political and economic aspects. During the implementation of the proposal, we realized that the teaching resources and strategies favored a more active students' participation, providing an encouraging atmosphere, propitious to reflections on the exposed situations. Despite the promising results of this experience, we believe that both the material and the way of working it can be improved. This can be possible with the continuity of its application, with adaptation to the reality of different schools and the need of different students.

Keywords: CTS Education; Teaching and learning; Electromagnetic radiation; Radioactivity; Ionizing radiation; non-ionizing radiation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Respostas dos alunos das turmas TX e TY sobre em que matéria tiveram aulas sobre radiação eletromagnética ou radioatividade..... | 50 |
| Figura 2 - Quantitativo de alunos das turmas TX e TY e as fontes em que obtiveram informações sobre radioatividade..... | 51 |
| Figura 3 - Quantitativo de alunos das turmas TX e TY e as fontes em que obtiveram informações sobre radiação infravermelho, ultravioleta e luz visível..... | 51 |
| Figura 4 - Significados que os alunos das turmas TX e TY associaram com a palavra radioatividade..... | 52 |
| Figura 5 – Quantitativo de acertos referentes à atividade sobre radiação ultravioleta..... | 79 |
| Figura 6 - Resposta dos alunos referente a questão que explora a interação das moléculas do corpo humano com a radiação ionizante: a) X15; b) Y35; c) Y10; d) X22; e) Y28..... | 85 |
| Figura 7 - Respostas dos alunos referente as características (composição, símbolo, massa relativa, carga relativa e propriedades) de cada radiação corpuscular | 95 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|-----|
| Tabela 1 - Distribuição dos pontos para as atividades desenvolvidas pelos alunos participantes no 1º bimestre de Química para as turmas de 3º ano do Ensino Médio..... | 47 |
| Tabela 2 - Respostas dos alunos das turmas TX e TY sobre as consequências do conhecimento desenvolvido sobre radiação ultravioleta..... | 54 |
| Tabela 3 - Respostas dos alunos à 6ª questão da Atividade 5 sobre o conhecimento da Ciência ser dinâmico..... | 56 |
| Tabela 4 - Vantagens e desvantagens do uso da energia nuclear segundo os alunos quando compararam aspectos da geração de energia por termelétricas e usinas nucleares | 60 |
| Tabela 5 - Respostas dos alunos das turmas TX e TY sobre as possíveis soluções para os rejeitos radioativos produzidos na geração de energia nuclear..... | 61 |
| Tabela 6 - Respostas dos alunos sobre o que é uma onda eletromagnética..... | 66 |
| Tabela 7 - Quantitativo de acertos e erros de transformação de unidade..... | 68 |
| Tabela 8 - Quantitativo de acertos referente ao conceito de dispersão..... | 75 |
| Tabela 9 - Quantitativo de acertos dos alunos das turmas TX e TY na classificação das radiações eletromagnéticas em ionizante ou não ionizante..... | 83 |
| Tabela 10 - Quantitativo de acertos na prova bimestral referente à questão 1 (do texto 5) referente a interação da radiação ionizante com a matéria | 87 |
| Tabela 11 - Percentual de alunos que soube diferenciar radioisótopo e radiofármaco dentre o total de 25 estudantes de TX e 24 de TY | 97 |
| Tabela 12 - Avaliação de cada encontro realizadas pelos alunos..... | 102 |
| Tabela 13 - Classificação das respostas dos estudantes quanto à avaliação dos recursos e atividades utilizadas..... | 105 |
| Tabela 14 - O número de vezes que os pontos positivos explicitados sobre cada aula foram indicados na ficha de avaliação pelos alunos das turmas TX e TY durante cada aula da proposição..... | 107 |
| Tabela 15 - Respostas dos alunos referente a descrição de uma situação real de extrema importância que utiliza Radiação e Radioatividade..... | 108 |
| Tabela 16 - O número de vezes que os pontos negativos explicitados sobre cada aula foram indicados na ficha de avaliação pelos alunos das turmas TX e TY durante cada aula da proposição..... | 108 |

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

| | |
|-----------|--|
| C&T | Ciência e Tecnologia |
| CTS | Ciência – Tecnologia – Sociedade |
| CTSA | Ciência – Tecnologia – Sociedade – Ambiental |
| EA | Educação Ambiental |
| EDTMP | Etilenodiaminotetrametilenofósfonico |
| HEDP | Hidroxietilidenodifosfonato |
| IPT | Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo |
| LDB | Lei de Diretrizes e Bases |
| LPEQ | Laboratório de Pesquisas em Ensino de Química |
| MEC | Ministério da educação. |
| PAPD | Proposta de Ação Profissional Docente |
| PAS | Programa de Avaliação Seriada |
| PCN | Parâmetros Curriculares Nacionais |
| PET | Tomografia por emissão de pósitrons |
| PNLA | Programa Nacional do Livro Didático para Jovens e Adultos |
| PNLD | Programa Nacional do Livro Didático |
| PNLEM | Projeto Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio |
| PPC | Projeto Pedagógico de Curso |
| PPGEC/UnB | Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências/Universidade de Brasília |
| SEB/MEC | Secretaria de Educação Básica |
| SPECT | Tomografia computadorizada de emissão de fóton único |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----|
| INTRODUÇÃO | 13 |
| 1. CAPÍTULO 1 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 18 |
| 1.1 UMA ANÁLISE DOS CONCEITOS DE RADIOATIVIDADE EM LIVROS DIDÁTICOS | 18 |
| 1.2 O MOVIMENTO CIÊNCIA – TECNOLOGIA – SOCIEDADE (CTS) | 22 |
| 1.3 O ENSINO DE CIÊNCIAS E A ABORDAGEM CTS | 25 |
| 1.4 ATIVIDADE EXPERIMENTAL NO ENSINO DE CIÊNCIAS | 33 |
| 2. CAPÍTULO 2 - METODOLOGIA | 39 |
| 2.1 O CONTEXTO DA PESQUISA | 39 |
| 2.2 A CONSTRUÇÃO DA PROPOSTA DE AÇÃO DIDÁTICA | 42 |
| 3. CAPÍTULO 3 - RESULTADOS E DISCUSSÕES | 46 |
| 3.1 APROFUNDANDO O CONTEXTO DE PESQUISA | 46 |
| 3.2 A APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA | 48 |
| 3.3 SOBRE AS CONCEPÇÕES INICIAIS | 49 |
| 3.4 ARTICULAÇÕES CTS | 53 |
| 3.5 CONTEÚDOS DE CIÊNCIAS | 66 |
| 3.6 SOBRE AS FICHAS DE AVALIAÇÃO DE APRENDIZAGEM | 99 |
| 3.7 DAS DIFICULDADES DURANTE A APLICAÇÃO DO PAPD | 103 |
| 3.8 A PERCEPÇÃO DOS ALUNOS EM RELAÇÃO À METODOLOGIA DESENVOLVIDA | 104 |
| 3.9 SOBRE O PROCESSO VIVENCIADO NA FORMAÇÃO DOCENTE | 109 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS | 113 |
| REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO | 116 |
| APÊNDICE 1 – PROPOSIÇÃO PROFISSIONAL DE AÇÃO DOCENTE (PAPD) | 127 |

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, pesquisas relacionadas ao ensino de Ciências se fortaleceram por apresentar reflexões ponderadas sobre as formas tradicionais de ensino, que se pautam na transmissão descontextualizada do conhecimento, na fragmentação do conteúdo, na rigidez e na apreensão acrítica dos saberes. Essas pesquisas vêm mostrando que tais características influenciam diretamente no elevado quantitativo da evasão escolar tanto de professores quanto de alunos e no alto índice de analfabetismo em Ciências (MATTHEWS, 1995).

A fim de mudar essa realidade, diversas pesquisas têm sido realizadas e é possível encontrar publicações acadêmicas que discutem o ensino de Ciências por meio de abordagem CTS; com enfoque interdisciplinar e contextualizado; através de projetos de educação ambiental para sensibilizar os alunos sobre os diversos problemas relacionados aos impactos da natureza, integrando-os aos conhecimentos de Ciência, entre muitos outros.

Além disso, os resultados de tais experiências vêm contribuindo para a elaboração de documentos oficiais da educação brasileira. No entanto, incorporar tais fundamentos ao trabalho pedagógico tem sido uma das dificuldades apontadas pelos professores. Muitos desses profissionais resistem por não saberem como desenvolver tais atividades (HARTMANN; ZIMMERMANN, 2009). Dentre possíveis causas para essa resistência, destacamos o fato da formação inicial muitas vezes ser baseada em aulas tradicionais sem necessariamente a inclusão dos resultados das pesquisas na área de ensino de Ciências.

Um exemplo desses resultados defende um ensino de Ciências focado em desafios, problematização, interligado e articulado a diferentes áreas do conhecimento como a Filosofia, a Sociologia e a História, contemplando assim às questões econômicas, políticas, éticas, sociais e outras. Segundo Matthews (1995), essa inter-relação da Ciência com a Filosofia, a Sociologia e a História humaniza as Ciências, aproximando-a mais dos interesses da comunidade. Além de promover aulas mais reflexivas e desafiadoras, permitindo assim um ensino problematizador, que favorece o desenvolvimento do pensamento crítico. O autor ressalta ainda que essa inter-relação pode tornar as aulas mais significativas e criar condições para uma formação mais ampla, voltada para a preparação do exercício da cidadania.

Durante o exercício da minha profissão no magistério, tem sido uma constante a observação da insatisfação dos alunos com o ensino convencional dos conteúdos de Ciências.

Atualmente, os jovens têm como forte característica a necessidade de compreender como o conhecimento escolar pode fazer parte de suas vidas. Por isso, eles estão sempre questionando a aplicação de determinados saberes. Se por um lado questionam e desejam mudanças, por outro, têm muita dificuldade em adaptar-se a novas experiências e incorporar novos conhecimentos. Isso ocorre principalmente quando o processo de ensino-aprendizagem busca o desenvolvimento do pensamento e não somente a memorização do conteúdo ou o simples acesso à informação. Consideramos que adaptar-se a novas metodologias requer tempo, persistência, discussão, reflexão e reelaboração por todos os envolvidos.

A vivência diária de situações semelhantes a explicitada entre outros aspectos, impulsionaram-me em direção ao mestrado profissional em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências - PPGEC. Apesar de ter concluído o curso de graduação em Licenciatura em Química recentemente nessa mesma universidade, considero que esse curso pode proporcionar-me o equacionamento de problemas específicos na sala de aula, bem como pode suscitar mediações criativas e usufruto de novas tecnologias e metodologias, contemplando abordagens interdisciplinares (GAUCHE et al., 2011).

As leituras e discussões realizadas nas disciplinas cursadas nessa pós-graduação e a elaboração do projeto de pesquisa, sobremaneira da Proposição de Ação Docente, têm me permitido um olhar mais crítico sobre minha prática docente. Dentre os problemas percebidos, identifiquei dificuldades na elaboração de aulas mais dinâmicas, que motivassem maior interesse e participação de meus alunos. Em termos de conteúdo, percebi que tenho grande dificuldade para desenvolver a temática radioatividade. Um dos motivos é o fato da lacuna na minha formação inicial, visto que não foi oferecida nenhuma disciplina durante minha graduação que explorasse esse conteúdo. Isso, por si só, já acrescentou insegurança no meu fazer docente. Outro ponto notado por mim diz respeito ao preparo de minhas aulas, considero que as mesmas estão muito centradas em livros didáticos que disponho. Poderia pensar que isso está ligado à minha pouca experiência profissional e pode até ser, mas pelas leituras realizadas, vejo que a criatividade para inovar em sala de aula precisa ser cuidadosamente elaborada, exercitada e discutida criticamente. Dessa forma, considero que o período da graduação não foi suficiente para mim. Por essa razão, o mestrado profissional parece-me ideal para contribuir com meu crescimento na profissão professor, tornando-me também mais reflexiva sobre a sala de aula, suas possibilidades e limitações e também sobre vários aspectos

do fazer docente. Tenho a convicção que encontrar caminhos para investigar a própria prática, o local de trabalho, as relações nele estabelecidas, as ferramentas e as metodologias tornar-me-ão mais segura e mais plena profissionalmente.

Pelo explicitado, resolvi aceitar o desafio de desenvolver, aplicar e analisar uma Proposição de Ação Profissional Docente (PAPD) sobre a radiação eletromagnética e radioatividade, buscando como contexto o uso de radionuclídeos na medicina nuclear. Inicialmente, tínhamos em mente desenvolver o conteúdo de radioatividade, porém decidimos ampliar para radiação eletromagnética. A forma como o conteúdo de radiação eletromagnética e radioatividade vem sendo abordado em alguns livros de ensino médio, apesar da presença de textos “interdisciplinares e contextualizados”, parece não fazer muito sentido para os alunos. Muitos desses textos dedicam-se à divulgação alarmista dos efeitos lesivos da radiação ionizante nos acidentes radioativos, e as consequências das bombas nucleares, ressaltando, sobremaneira, os problemas de saúde decorrentes. Ao meu ver, tais aspectos proporcionam a formação de uma visão negativa e pouco crítica sobre o conhecimento. Existem alguns livros que ressaltam discretamente as aplicações da radiação ionizante na medicina (ORSOLIN; SALLA; SALLA, 2010), na indústria, além dos benefícios do uso da energia nuclear.

Encontramos na literatura alguns trabalhos, como o de Medeiros e Lobato (2010), que apontam a associação negativa dos educandos com a temática radioatividade e seus efeitos deletérios, como destruição de ambientes, transformação da fauna e flora, câncer, anomalias, morte etc. Esses autores ressaltam que a escola contribui com uma baixa porcentagem de informação contra as demais fontes acessadas pelos alunos e, colaboram para a formação de impressões negativas.

Minha experiência em sala de aula tem mostrado que alguns conteúdos chamam mais atenção dos alunos do que outros, pois estão relacionados diretamente às informações que eles têm acesso por meio de diferentes mídias (filmes, histórias em quadrinhos, textos em jornais, revistas e internet, noticiários etc.). No entanto, essas informações, muitas vezes, estão carregadas de concepções errôneas ou deficientes (GASPAR, 1992). Os alunos percebem essas lacunas e chegam nas aulas de Ciências cheios de dúvidas. Tenho vivenciado essa experiência principalmente nas aulas de radioatividade, sendo surpreendida por questionamentos tais como: “o micro-ondas causa câncer?”, “como a radioatividade atua no corpo?”, “os animais irracionais sofrem com a radiação?”, “os alimentos irradiados não ficam contaminados?”, “todo câncer é causado por radiação?”, “como a mesma radiação que causa o

câncer pode curá-lo?” Esses questionamentos motivaram-me estudar esse conteúdo e para levá-lo a sala de aula preciso ir além do que é abordado no livro didático.

Na disciplina Prática Docente Supervisionada, obrigatória do mestrado, fiz uma pesquisa sobre como a radioatividade se apresenta nos livros didáticos e também investiguei o que meus alunos da época entendiam por radiação ionizante, não ionizante e radioatividade. Os dados coletados ajudaram-me a elaborar a pergunta de pesquisa, a delimitar os objetivos e também a pensar sobre a Proposição de Ação Profissional Docente. A pesquisa realizada será apresentada no decorrer desta dissertação, apontando o que conseguimos depreender a partir da aplicação do material que elaboramos.

Outros fatores como observações feitas em minhas aulas de Química como o ensino superficial, descontextualizado, a insatisfação dos alunos frente ao ensino tradicional, a superficialidade e a pontualidade dos livros didáticos em valorizar um determinado aspecto, levaram-nos a delimitar a seguinte pergunta de pesquisa: **“Como contribuir para a compreensão / significação de conceitos relativos a radiações eletromagnéticas e radioatividade a partir de uma abordagem CTS em aulas de Química no Ensino Médio, contrapondo-se a visão negativa disseminada em livros (PNLEM e PNLD), jornais, revistas entre outras fontes?”**

Diante disso, esse trabalho tem como objetivo geral: analisar uma metodologia de ensino-aprendizagem elaborada e aplicada em uma turma de 3ª série do Ensino Médio, que procurou contemplar uma abordagem CTS sobre radiação eletromagnética e radioatividade.

Nessa perspectiva, propomos os seguintes objetivos específicos:

- investigar por meio de questionários e entrevistas o que os alunos entendem por radiação eletromagnética e suas aplicações no cotidiano;
- identificar a influência das fontes de informação utilizadas pelos alunos sobre radiação eletromagnética e a visão que eles desenvolveram a partir delas;
- elaborar, desenvolver e analisar material didático que contemple uma abordagem CTS envolvendo o conhecimento da Ciência sobre radiações eletromagnéticas e radioatividade, ressaltando fontes, aplicações, vantagens, desvantagens e interação ambiental;
- aplicar e investigar se a Proposta de Ação Profissional Docente (PAPD) possibilitou aos alunos a identificação dos aspectos sociais, econômicos, políticos e ambientais envolvidos com a produção científico-tecnológica na sociedade contemporânea associados a radiação eletromagnética e conceitos correlatos;

- investigar a percepção dos alunos sobre a metodologia desenvolvida, especialmente com relação a (re)significação sobre radiação ionizante.

A partir dos objetivos estabelecidos, organizamos essa dissertação em três capítulos. No primeiro deles apresentamos uma revisão da literatura dividida em quatro tópicos, cujo foco é uma análise dos conceitos sobre radioatividade em matérias didáticos. No segundo tópico, apresentamos um apanhado sobre o movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade e abordagens CTS em aulas de Ciências. O terceiro foi dedicado ao uso da atividade experimental no ensino de Química, visto que lançamos mão de experimentos durante nossas aulas. O segundo capítulo dedicamos a apresentação do caminho metodológico. Por fim, elaboramos o terceiro capítulo com a apresentação e discussão dos dados coletados durante a aplicação da PAPD, que foi seguido pelas considerações finais.

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esse capítulo traz uma síntese de aspectos destacados na literatura sobre a abordagem radiação nuclear ou radioatividade em materiais didáticos e a concepção dos alunos, bem como considerações sobre o contexto do movimento CTS e a sua influência no ensino de Ciências e, por fim, um apanhado sucinto sobre o papel da experimentação do ensino de Química.

1.1. UMA ANÁLISE DOS CONCEITOS DE RADIOATIVIDADE EM MATERIAIS DIDÁTICOS

No artigo de Costa, Cunha e Aires (2011) foi investigado inicialmente qual é a concepção dos alunos sobre Ciência e sobre os cientistas, bem como a construção do conhecimento científico por meio da compreensão dos conceitos específicos da área. Os autores fizeram uma avaliação prévia do conhecimento dos estudantes e, usando um texto sobre a temática radioatividade, analisaram a ocorrência de mudanças nas concepções dos alunos e da efetividade do aprendizado. Constataram nesse estudo que relacionar os conceitos com a história e a filosofia da Ciência facilitou a introdução de um novo tema e a compreensão de que a Ciência não é neutra e nem é composta por um conjunto de fatos incontestáveis e verdadeiros.

No trabalho realizado por Cordeiro e Peduzzi (2013) foi investigado o processo de transposição didática sobre o conteúdo de radioatividade. Segundo Polidoro e Stigar (2010):

A Transposição Didática, em um sentido restrito, pode ser entendida como a passagem do saber científico ao saber ensinado. Tal passagem, entretanto, não deve ser compreendida como a transposição do saber no sentido restrito do termo: apenas uma mudança de lugar. Supõe-se essa passagem como um processo de transformação do saber, que se torna outro em relação ao saber destinado a ensinar. (p.154).

Utilizando-se dos instrumentos de Chevallard, os autores verificaram a descontextualização nos livros didáticos dos fenômenos e dos conceitos destacados a seguir: raios X, modelos atômicos, decaimento radioativo e modelos nucleares. Além disso, observaram que o livro didático sob análise propagou a deformação da imagem da Ciência.

Referente ao conteúdo raios X, os livros investigados pouco contextualizam a abordagem aos aspectos da história, valorizando mais o ensino dos conceitos. No caso dos modelos atômicos, os mesmos autores relataram que é possível observar claramente a descontextualização histórica, filosófica e conceitual. Ainda segundo Cordeiro e Peduzzi (2013), os livros didáticos analisados não discutiram em que contexto os modelos atômicos foram construídos, como foi a aceitação das teorias no meio científico, conduzindo a imagem de que “o conhecimento científico cresce linearmente”, ou seja, não há erros nas teorias defendidas pelos estudiosos, apenas uma complementação de ideias e conceitos.

Esses autores analisaram ainda a radioatividade e os modelos nucleares e mais uma vez destacaram que os livros não abordaram a contextualização histórica e conceitual. Relataram ainda, que os autores desses materiais escolheram uma sequência didática diferente da histórica. Adicionado a isso, alguns livros desconsideraram os aspectos sociais, contribuindo para a ideia que a Ciência não depende e não é influenciada por outras áreas, sendo caracterizada como uma atividade individualista.

Além dessas questões relatadas, os autores também pontuaram que as obras em questão deixaram transparecer que: a Ciência se faz passo-a-passo; a teoria, de forma geral, vem depois da experiência; os problemas surgidos não têm importância na construção da teoria científica e que a Ciência só pode ser produzida por gênios.

Tonetto (2010) utilizou diferentes fontes históricas para indagar o senso crítico dos alunos. Trabalhou-se com textos e os próprios alunos analisaram e expuseram o que cada texto abordou e como cada texto trabalhou conceitos e informações. Ao final do trabalho, foi pontuada a importância de contemplar o estudo com outras fontes bibliográficas.

Já Tenório et al. (2015) avaliaram vinte e sete livros de Física baseado nos Parâmetros Curriculares do Ensino Médio e nas Orientações Educacionais complementares. Eles utilizaram os seguintes critérios: a) contextualização; interdisciplinaridade; c) discussão de conflitos sociais acerca do tema; d) abordagem histórica; e) clareza dos textos; f) qualidade dos exercícios e g) indicação de outras fontes para expandir o conhecimento. Ainda verificaram se esses livros traziam as seguintes temáticas: geração de energia; riscos à saúde; reações nucleares; reações estelares; enriquecimento de urânio; riscos de acidentes nucleares; usos na indústria, medicina e demais aplicações. Em um terceiro momento, esses autores avaliaram a quantidade de páginas, a quantidade de exercícios e a qualidade deles.

Segundo esses autores, a maioria dos livros seguiu as orientações dos PCN. Esses livros “tentaram” contextualizar a temática, mas não conseguiram fazer a abordagem interdisciplinar, a discussão dos conflitos sociais e a exploração histórica. Além disso, muitos equívocos foram encontrados nas obras e a temática mais abordada foi a produção de energia elétrica nuclear seguida por reações nucleares e reações estelares. Ainda, enfatizaram que as temáticas menos debatidas foram: riscos de acidentes, a poluição radioativa, enriquecimento de urânio e fins bélicos da Ciência nuclear, além daquelas debatidas nas mídias como: crise mundial energética e climática, fusão controlada e pesquisas de geração de energia por fusão termonuclear.

Conforme podemos observar pela análise dos autores citados neste trabalho, a temática radioatividade não é abordada de forma integrada aos aspectos históricos, filosóficos, sociais, econômicos, éticos etc. A história da radioatividade é desvinculada da problemática envolvida na época das descobertas e da explanação das novas teorias, não se atentando para os debates e as controvérsias ocorridos por partes dos cientistas, pontuando para uma Ciência previsível, neutra e individualista. A abordagem não enriquecida pelos fatos históricos não contribui para mostrar aspectos importantes da natureza da Ciências, como por exemplo, a evolução do conhecimento científico e as influências externas ao método científico (FERNANDES, 2012).

Além disso, esses livros didáticos parecem não integrar as influências sociais e tecnológicas com a produção científica, nos levando a inferir que o enfoque CTS é timidamente explorado na maioria dos livros de Ciências analisados pelos autores citados acima. Adicionado a isso, aparece também nos artigos que esses livros integram de forma superficial à obra didática os princípios e os objetivos dos documentos oficiais, não explorando o uso de temáticas (e quando abordam o fazem com um número restrito de temáticas); a contextualização aparece apenas como uma mera ilustração da Ciência no cotidiano e a interdisciplinaridade está inserida de forma a exemplificar como o fenômeno pode ser abordado em outras áreas do conhecimento.

Infelizmente, a temática radioatividade é trabalhada nos livros didáticos e na sala de aula de forma fragmentada, não se atentando para a contextualização sociocultural dos conteúdos, pontuando para um ensino rígido e tradicional, distante da realidade do aluno. Esse tipo de ensino contribui para que os alunos considerem que a Ciência não sofre influências de outras áreas, ou seja, que ela é construída desvinculada do contexto cultural, social, econômico e político (RODRIGUES, 2014).

Além disso, o conhecimento prévio que os alunos têm da radioatividade é construído principalmente pelas informações da mídia e, muitas vezes, essas informações estão desvinculadas dos conhecimentos científicos. Os autores Medeiros e Lobato (2010) apontaram em uma pesquisa feita por alunos do ensino médio que a maioria dos estudantes (59% dos entrevistados) indicou que o conhecimento acerca das radiações foi obtido principalmente por meio de revistas, jornais, internet e televisão. Apenas 20% obtiveram essas informações na escola.

Silva (2009) defende que o professor deve focalizar em um ensino que rompa com as concepções do senso comum ou que o conhecimento não seja construído de forma equivocada. Para isso, é preciso que o ensino seja voltado para a compreensão de que o conhecimento acumulado sobre radioatividade foi construído dependente do seu desenvolvido histórico, além de ser primordial discussões acerca das consequências da sua aplicação tanto para as gerações passadas como para as futuras.

De acordo com Silva (2009), ao abordar um assunto como radioatividade é relevante pontuar em que contexto foram estudados os fenômenos que levaram a construção do conhecimento sobre radioatividade, qual a tecnologia desenvolvida, qual impacto desse conhecimento para sociedade, quais os benefícios, quais as consequências trazidas pelo mau uso da radioatividade, quais as influências políticas, quais os aspectos relacionados aos valores e aos princípios éticos, qual o problema social relacionado a esse tipo de tecnologia, que medidas necessárias devem ser tomadas para o descarte dos resíduos produzidos, qual a viabilidade do uso da energia nuclear em âmbito nacional ou regional, entre outros.

Percebe-se com isso que relacionar a Ciência aos diferentes aspectos econômicos, sociais, éticos, históricos, políticos de forma crítica, reflexiva é dar suporte a uma educação voltada para a cidadania. O processo educacional defendido pelo ensino CTS tem por objetivo: “desenvolver a alfabetização científica e tecnológica dos cidadãos, auxiliando o aluno a construir conhecimentos, habilidades e valores necessários para tomar decisões responsáveis sobre questões de ciência e tecnologia na sociedade e atuar na solução de tais questões” (SANTOS; MORTIMER, 2000, p.4) e será objeto do item a seguir.

1.2. O MOVIMENTO CIÊNCIA – TECNOLOGIA – SOCIEDADE

A Segunda Guerra Mundial, ocorrida entre os anos de 1939 a 1945, foi um marco na história da humanidade não somente devido ao uso de armamentos sofisticados de elevado poder de destruição, mas porque aprofundou as interações entre o conhecimento científico e a produção industrial. A partir desse evento, o desenvolvimento científico-tecnológico avançou e tornou-se uma realidade positiva em muitas áreas como na medicina, engenharia, agricultura, comunicação. Isso resultou em mais conforto, segurança, agilidade e facilidades para os cidadãos, tornando-se difícil até questionar os aspectos negativos que vieram a reboque (PINHEIRO; BAZZO; SILVEIRA, 2007).

O século XX foi palco de inúmeros avanços tecnológicos nos quais merecem destaque: a sofisticação das máquinas industriais, a produção de veículos motorizados (terrestres, aquáticos e aéreos), o desenvolvimento das tecnologias de comunicação e entretenimento, o avanço no diagnóstico e tratamento de doenças, o uso de energia diversificada e alternativas e a melhoria nos sistemas de produção agrícola e industrial. Esses avanços tecnológicos refletiram nas condições de trabalho, no bem-estar, na expectativa de vida e nos novos estilos e hábitos de vida, modificando a vida pessoal, familiar, profissional e social das pessoas (SANTOS; AULER, 2011).

Apesar dos aspectos positivos do desenvolvimento científico e tecnológico, a partir da década de 1960, começaram a surgir questionamentos por parte de alguns grupos populares de países desenvolvidos e críticas dentro da academia europeia (DAGNINO, 2008). Os questionamentos e as críticas centraram-se na preocupação com relação ao impacto social gerado por certos produtos científico-tecnológico (SANTOS, 2007b) e na influência praticamente inexistente da sociedade sobre o desenvolvimento da C&T. Postulou-se, então, a necessidade de participação da sociedade nas decisões que envolvem C&T, sendo mais democráticas e menos tecnocráticas (AULER; BAZZO, 2001). Muitos desses questionamentos, que tinham como pano de fundo o desenvolvimento C&T, foram levantados

e ganharam espaço no cotidiano das pessoas graças à transformação nas formas de comunicação.

A flexibilização e a ampliação do acesso à informação possibilitaram que grandes desastres ambientais fossem acompanhados e discutidos por um grande número de expectadores. Dessa forma, temas relacionados ao uso de substâncias químicas perigosas na agricultura e em conflitos bélicos, à falta de gerenciamento adequado e a disposição inadequada de rejeitos químicos, bem como os riscos do transporte transfronteiriço de substâncias perigosas, à manipulação genética de espécies, o uso de células tronco, entre outros, passaram a fazer parte das preocupações sociais. E como não poderia deixar de ser, tais temáticas chegaram às salas de aulas e impactaram o processo ensino-aprendizagem em Ciências (SANTOS et al., 2002).

Foi nesse cenário que surgiu o movimento Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) por volta do início na década de 1970 na Europa e nos EUA. No velho continente teve influências a partir das Ciências Sociais (dentro delas a Sociologia, a Antropologia e a Psicologia) pelo estudo da obra de Thomas Kuhn e nos EUA pela obra de Rachel Carson (SANTOS et al., 2002).

Thomas Kuhn pontuava que para compreender como a Ciência foi de fato construída deve-se considerar os aspectos sociais além dos fatores cognitivos. Defendeu ainda que o desenvolvimento da Ciência ocorre em dois momentos distintos: a ciência normal e a revolução científica. A ciência normal é um termo utilizado na obra de Kuhn e diz respeito ao período que já existem teorias sobre um determinado fenômeno e os cientistas estão concentrados em solucionar problemas ou lacunas dentro dessas teorias. Já a revolução científica é o período em que novas teorias são propostas. Kuhn afirmou que aceitação dessa nova teoria dentro da comunidade científica é influenciada pelo contexto no qual estão inseridos os cientistas, ou seja, são levados em consideração os fatores históricos, sociológicos e psicológicos na aceitação de uma determinada teoria em detrimento de outras (STRIEDER, 2012).

Pode-se dizer que a obra de Kuhn foi um precursor do movimento CTS, porque em seu trabalho ele postulou a possibilidade de se discutirem as relações entre a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade. Ele considerava a Ciência integrada às questões sociais em que os aspectos políticos e históricos eram importantes para a revolução científica. Adicionalmente, Kuhn enfatizou que o trabalho dos cientistas está vinculado à formação de valores e que esses

corroboravam para soluções de problemas científicos. Assim, a Ciência não era neutra como considerada pelo método científico, mas carregada de influências sociais e construída sob fatores subjetivos (ARAÚJO; SILVA, 2012).

Já nos EUA, foi a partir da obra “*Silent Spring*” de Rachel Carson, a qual denunciava os riscos causados pelos inseticidas utilizados em larga escala depois da II Guerra Mundial que se impulsionaram os estudos CTS (DECONTO, 2014). Essa obra estimulou os movimentos ativistas nos EUA, tendo como foco as consequências sociais e ambientais, proporcionando uma reflexão ética, política, baseado num caráter humanístico (SANTOS et al., 2002).

No Brasil, os questionamentos sobre a tecnociência, o ensino científico e os problemas ambientais começaram a ser alvo de interesse social na década de 1970. Trabalhos relativos a essas temáticas e a renovação no ensino de Ciência só se iniciaram na década de 1980 e se fortaleceram na década de 1990. De acordo com Auler e Bazzo (2001), esse atraso foi devido às questões históricas, políticas, econômicas, culturais decorrentes do seu passado colonial.

Em nosso país não houve à época investimento na produção científica e tecnológica, o que se observou foram tentativas de progresso econômico sem a integração da sociedade nesse processo. Dessa forma, os interesses da sociedade ou de parte dela não se combinaram com os interesses dos governantes, ocorrendo, portanto, a marginalização da maior parte da população brasileira no debate dessa temática (AULER; BAZZO, 2001). Pode-se dizer que esse quadro continua muito atual e pagamos um preço elevado por isso.

A dependência da tecnologia importada e da falta de investimento no setor científico e tecnológico nacional atingiu e continua atingindo a formação de profissionais, além de impactar o desenvolvimento nacional, tornando-nos submissos as invenções e aplicações da C&T dos países desenvolvidos. Dessa forma, o Brasil sempre se adapta às tendências impostas pelo mercado internacional (AULER; BAZZO, 2001). Da mesma forma, houve um atraso no desenvolvimento científico e tecnológico, pesquisas e materiais voltados para o enfoque CTS começaram a surgir vinte anos depois do início desse movimento no mundo.

Atualmente, os estudos de CTS constituem uma diversidade de programas, não existe uma compreensão e um discurso consensual quanto aos objetivos, conteúdos, abrangência e modalidades de implementação. Há o compartilhamento dentro de um certo núcleo comum: “O rechaço da imagem de ciência como uma atividade pura, neutra; A crítica da concepção da

tecnologia como ciência aplicada e neutra; Rejeição de estilos tecnocráticos” (AULER, 2003, p. 3).

Surgiram outros movimentos além da abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS), como a Educação ambiental (EA), que acabou influenciando alguns autores que ampliaram a sigla para CTSA. Esses autores consideraram relevante a inclusão das questões ambientais no escopo CTS, da educação científica para cidadania, da educação científica para todos, da ciência para a vida, da educação para cidadania planetária, da educação para mudanças climáticas no escopo das abordagens CTS. Essas diferentes nomenclaturas dizem respeito ao movimento de educação científica para a formação da cidadania (SANTOS; AULER; 2011). Santos (2007a) acrescenta que alguns estudiosos enfatizam o papel social do ensino de Ciências na tomada de decisões; outros privilegiam conteúdo específicos destinados à formação de cientistas; alguns destacam a importância da natureza científica, da linguagem científica e da argumentação. Porém, Santos e Auler (2011) consideraram que todos os diferentes *slogans* englobam os estudos de CTS.

Adotamos a sigla CTS em nosso trabalho por concordarmos que as questões ambientais, políticas, econômicas e culturais relacionadas a Ciência e a Tecnologia só existem devido ao contexto social. Interessa-nos explorar nesse trabalho como abordagens CTS auxiliam a formação crítica dos indivíduos e de que maneira pode contribuir para o ensino de Ciências.

O Ensino de Ciências e a abordagem CTS

Com o advento da Guerra Fria, entre a antiga União Soviética e os Estados Unidos, ocorrida, durante o período de 1947 a 1991, houve por parte desses dois países um grande investimento no desenvolvimento de conhecimento científico-tecnológico (SANTOS et al., 2002). O resultado desse investimento trouxe avanços em diferentes áreas e gerou uma sensação de bem-estar coletivo. Uma das consequências disso foi o estabelecimento de confiança por parte da sociedade no que essa associação Ciência-Tecnologia (C&T) podia se reverter, isto é, passou a ser considerada a tábua de salvação e sinônimo de desenvolvimento, progresso e bem-estar.

Acreditava-se que a Ciência poderia resolver todos os problemas da humanidade. Isso gerou uma supervalorização da mesma, sendo grande o número de pessoas que passou a não questionar o que é tinha origem no conhecimento científico. Segundo Santos (2007b, p.6), “A lógica do comportamento humano passou a ser a lógica da eficácia tecnológica e suas razões passaram a ser as da ciência.”

O ensino de Ciência sofreu diretamente essa influência e a consequência disso foi a mudança no currículo orientada para formação de futuros cientistas. Isso ocorreu logo após a II Guerra Mundial, a partir dos anos 50 do século XX (SANTOS; MORTIMER, 2000). Todavia, com a publicização do agravamento de problemas ambientais, do surgimento de doenças e da escassez de alimentos no mundo, entre outros temas, desencadearam-se discussões em torno da natureza do conhecimento científico e do seu papel na sociedade. Isso resultou em questionamentos críticos e reflexivos sobre as relações entre a sociedade e a ciência e a tecnologia.

As frustrações sociais ocasionadas pela incapacidade de o conhecimento científico resolver todas as mazelas do Planeta, levaram também a questionamentos sobre a necessidade de estudar Ciências. Percebe-se isso com o crescimento do número de alunos com aversão ao estudo de Ciências (FOUREZ¹, 1995 citado por DECONTO, 2014). Afinal, para muitos são conteúdos difíceis e podem não ser imediatamente aplicáveis ou úteis. Nesse contexto, pode-se dizer que o ensino de Ciência entrou em crise, na qual permanece até os dias atuais. As pesquisas em Ensino de Ciências consideram que a educação CTS seja uma das possibilidades de se mudar esse quadro, visto que tem como princípio discutir essa relação de forma mais real (SANTOS, 2007b).

Na proposta de ensino CTS contempla-se, por exemplo, a inserção de temas sociocientíficos, que preveem debates éticos e discussões no meio escolar sobre os problemas ambientais resultantes do uso exacerbado de matéria prima proveniente da natureza e da falta de controle e gerenciamento dos processos industriais atrelados ao desenvolvimento científico.

Essa abordagem diferenciada de Ciências estimulou mudanças e ações no ensino dessa matéria, tais como: os currículos de ensino de Ciência passaram a incorporar os conteúdos CTS, a realização de projetos que abrangiam as dimensões CTS, a publicação de livros e

¹ FOUREZ, G. El movimiento ciencia, tecnologia, sociedade (CTS) y la enseñanza de las ciencias. Perspectivas UNESCO, v. 25, n. 1, p. 27-40, 1995.

materiais didáticos norteados pelos pressupostos CTS, a criação de programas universitários que discutam a abordagem CTS, o desenvolvimento de novas metodologias e organização e seleção de conteúdos, entre outros (DECONTO, 2014).

A proposta curricular com vistas ao enfoque CTS abarca o conhecimento científico e tecnológico inserido no contexto social. Segundo Bybee (1987² citado por SANTOS; MORTIMER, 2000) a estrutura conceitual dos cursos de CTS é composta pelos seguintes temas: conceitos científicos e tecnológicos, processos de investigação e interações entre a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade

Aikenhead (1994³ citado por DECONTO, 2014) defendeu que o ensino dos fenômenos naturais deveria estar relacionado ao estudo da tecnologia e da sociedade. Já Solomon⁴ (1988 citado por SANTOS; SCHNETZLER, 2010) enfatizou que os três componentes (CTS) deveriam ser abordados separadamente, valorizando o significado individual de cada um. Considerando o discurso desses autores, iremos discutir alguns aspectos importantes sobre a Ciência, Tecnologia e Sociedade e a sua inter-relação.

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais, no que se refere às Ciências Naturais (BRASIL, 1997, p.21), é imprescindível que as pessoas tenham acesso ao conhecimento científico, visto que: “A Ciência colabora para a compreensão do mundo e suas transformações, para reconhecer o homem como parte do universo e como indivíduo.” O acesso à educação científica é um direito desde a infância, sendo essencial ao desenvolvimento humano. Assim, o ser humano precisa dos conhecimentos científicos e também tecnológicos para que possa utilizá-los criticamente na perspectiva de auxiliá-los nas tomadas de decisões, que envolvam o bem-estar e o progresso ambos comprometidos com uma sociedade mais justa, equilibrada e ecologicamente responsável (SANTOS; AULER, 2011). Estes autores ainda completam que: “[...] precisamos dispor, na medida necessária, de conhecimentos em ciência e tecnologia, mas também sobre a ciência e a tecnologia, para que possamos lidar, nos vários contextos em que se tornam relevantes para o cidadão e para a sociedade.” (p. 144).

² BYBEE, R. W. Science education and the Science-technology-society (STS) theme. *Science Education*, v. 71, n. 5, p. 667-683, 1987.

³ AIKENHEAD, G. S. Consequences to learning Science through STS: a research perspective. In: SOLOMON, J. e AIKENHEAD, G. S. (Org.). *STS Education: International Perspectives on Reform*. New York: Teachers College Press, 1994.

⁴ SOLOMON, J. Science technology and society courses: tools for thinking about social issues. *International Journal of Science Education*, v. 10, n. 4, p. 374 – 387, 1988.

Defendemos que o ensino de Ciência deve centrar no caráter provisório e incerto das teorias científicas, que por serem construtos humanos, podem ser modificadas ou substituídas de acordo com novas percepções, demandas ou construções teóricas adjacentes. Devido à complexidade do conhecimento científico e da difícil arte de disponibilizá-lo numa linguagem acessível, muitas vezes, ele permanece restrito a grupos de estudiosos, sendo desenvolvido em prol de interesses privados.

Por muitos anos, a Ciência foi considerada como atividade neutra, objetiva, autônoma e orientada pelo método científico. Isso valorizava os processos de observação e experimentação, possibilitando os cientistas circunscreverem fatos da natureza livre de qualquer influência subjetiva que pudesse “contaminar” a percepção de mundo como crenças, conjecturas e preconceitos (DECONTO, 2014).

A neutralidade da Ciência pregada por meio do método científico passou a ser criticada, por estar associada a falta de valores. No entanto, como afirmar que a Ciência não perpetua valores individuais, econômicos e políticos, se o próprio Estado ou mesmo grandes corporações financiam a Ciência em prol dos seus interesses. Além disso, a ideia que ela é reposta para todos os problemas traz um controle sobre as pessoas, uma falsa afirmação que induz ao consumo de produtos e tecnologias, que o mercado propaga com o selo “Aprovado Cientificamente”, mascarando interesses pessoais (DECONTO, 2014).

Esse mesmo autor, diz que a Ciência é uma instituição social e, por isso mesmo não é uma atividade neutra. A atividade do cientista sob o olhar da ciência tradicional e do método científico é uma atividade sem influências externas, inclusive livre de valores e impessoal. No entanto, o desenvolvimento da pesquisa é consequência da atividade política em que cientistas e pesquisadores são motivados pela busca de investimentos, além que carregarem a marca pessoal da trajetória de cada investigador. Assim sendo, a Ciência se une a alguns interesses de instituições e centram-se mais a determinadas pesquisas. Portanto, a Ciência, como uma instituição social, é influenciada pela cultura a qual está inserida e conectada as questões econômicas, políticas e ideológicas.

Por sua vez, a tecnologia é confundida com a Ciência, ou ainda sendo uma mera aplicação dos conhecimentos científicos. Também podendo ser nomeada como um produto da indústria, desconsiderando, dessa forma, todo o processo envolvido na produção, valorizando-

se apenas o resultado final (pós-produção) (DECONTO, 2014). Segundo Vargas⁵ (1994 citado por SANTOS, 2002, p. 8), o conceito de tecnologia é mais amplo: “A tecnologia consiste em um conjunto de atividades humanas, associadas a sistemas de símbolos, instrumentos, máquinas, visando à construção de obras e à fabricação de produtos por meio de conhecimento sistematizado”. Ou ainda, a tecnologia é um conjunto de conhecimentos, técnicas, instrumentos e máquinas, que permitem modificar o meio (VAZ; FAGUNDES; PINHEIRO, 2009).

A visão da tecnologia como mero instrumento (artefato) encobre os contextos políticos, econômicos, sociais, culturais, ideológicos relacionados a ela, sendo tratada como uma atividade neutra. Assim como a Ciência, a Tecnologia perpetua interesses particulares.

A Tecnologia é fruto de escolhas e decisões sobre a sua produção, difusão e consumo. Ao passo que os valores e as necessidades de uma determinada cultura irão intervir nas tecnologias desenvolvidas e no seu uso. É claro que esses valores e necessidades estão condicionados a um determinado grupo da sociedade, utilizando desta produção para a dominação dos demais grupos sociais (DECONTO, 2014).

O sistema de produção, a troca e a distribuição de bens influenciam diretamente a sociedade, beneficiando uns e prejudicando outros. Podemos citar o exemplo de uma fábrica, o avanço tecnológico permite mais produção e mais lucro ao empresário, já o trabalhador poderá ser prejudicado, pois o aumento da produtividade mecanizada refletirá em mais desemprego (DECONTO, 2014).

Portanto, a tecnologia influencia diretamente o sistema econômico (mais produtividade, mais lucro), o sistema político (o Estado intervirá em favor dos interesses do capital privado), o sistema social (haverá uma mudança na vida e nos hábitos de vida das pessoas) e da cultura (molda os valores sociais) (DECONTO, 2014).

Não só a tecnologia influencia a estrutura social, mas também a condiciona. De modo que a busca pelo lucro favorece a produção de artefatos que inicialmente não são prioridades sociais. Essa inserção no mercado leva a modificações na vida das pessoas, remodelando toda uma cultura. Portanto, muitas vezes, não são as necessidades sociais que demandam a produção tecnológica, mas as novas tecnologias disponibilizadas no mercado que geram necessidades nos indivíduos. Exemplos disso são facilmente encontrados atualmente.

⁵ VARGAS, M. Para uma filosofia da tecnologia. São Paulo, Editora Alfa Omega, 1994.

A produção demasiada de tecnologia fez com que algumas pessoas refletissem nos impactos gerados na natureza. Dessa forma, a educação voltada para a cidadania passou a discutir as consequências da produção tecnológica nos modelos econômicos vigentes e como essa produção pode contribuir para uma sociedade mais injusta, desigual e submissa. Consideramos, em concordância com Santos e Mortimer, (2000) que, o processo educativo deve levantar reflexões sobre as reais necessidades da sociedade e como as tecnologias refletem nos interesses da minoria.

As questões científicas e tecnológicas devem estar articuladas às questões sociais. Essa inter-relação diz respeito a compreensão do indivíduo e o seu papel na sociedade como cidadão ativo e participante. Por isso, é essencial que esses conhecimentos sejam conduzidos até os alunos, isso porque a Ciência e a Tecnologia são influenciadas por aspectos sociais e sua compreensão é imprescindível para entender as relações de mundo e da tecnociência, além de possibilitar a transformação da própria realidade (SANTOS, 2002; SANTOS; AULER, 2011).

A integração das questões CTS devem ser desenvolvidas em sala de aula. Autores como Santos e Mortimer (2000) e Aikenhead (1994) defendem que os currículos CTS devem ser articulados em torno de temas, problemas ou questões sociais. Esses temas devem ser baseados em torno da necessidade dos estudantes (para uma maior significação social) e estarem integrados às questões da Ciência e da Tecnologia (DECONTO, 2014).

O fato dos temas sociais serem relacionados ao cotidiano do aluno pode despertar neles o interesse e a necessidade de aprender os conteúdos. Santos (2002) sugere temas que parecem relevantes ao contexto brasileiro, são eles:

Exploração mineral e desenvolvimento científico, tecnológico e social; Questões atuais como a exploração mineral por empresas multinacionais; Privatização da Companhia Vale do Rio Doce; propostas de privatização da Petrobrás; ocupação humana e poluição ambiental, na qual seriam discutidos os problemas de ocupação desordenada nos grandes centros urbanos; saneamento básico; poluição da atmosfera e dos rios; saúde pública; diversidade regional que provoca o êxodo de populações; questão agrária; destino do lixo e o impacto sobre o ambiente, que envolve reflexões sobre hábitos de consumo na sociedade tecnológica; controle de qualidade dos produtos químicos comercializados, envolvendo os direitos do consumidor, e os riscos para a saúde; estratégias de marketing usadas pelas empresas; a questão da produção de alimentos e a fome que afeta parte significativa da população brasileira; alimentos transgênicos; desenvolvimento da agroindústria e distribuição de terra no meio rural, custos sociais e ambientais da monocultura; processo de desenvolvimento industrial brasileiro, a dependência tecnológica num mundo globalizado; fontes

energéticas no Brasil, seus efeitos ambientais e seus aspectos políticos; preservação ambiental, as políticas de meio ambiente, o desmatamento. (p. 11)

Santos e Mortimer (2001) defendem que a partir da discussão dos temas é possível iluminar diferentes pontos de vista, desenvolver a capacidade de avaliar opiniões distintas, construir valores, considerar os aspectos éticos e promover a tomada de decisão com responsabilidade social.

A tomada de decisão é um instrumento utilizado pelos cidadãos para fortalecer a sociedade democrática. Ela não deve estar concentrada apenas no seu desfecho, mas respaldada em todo o seu processo, inclusive nos problemas e conflitos gerados ao longo de toda a proposta. É imprescindível salientar que essa tomada de decisão deve ser consciente, ou seja, as informações sobre o desenvolvimento científico e tecnológico devem ser transparentes e condizentes com os valores que o cidadão carrega.

A tomada de decisão deve ser também desenvolvida no ambiente escolar, oportunizando o reconhecimento de um problema, compreendendo os conceitos envolvidos, proporcionando a busca de alternativas e a preparação da argumentação. A preparação da tomada de decisão deve capacitar o indivíduo nas questões sociais que envolvem CT, tornando-os capazes de usar o conhecimento científico e tecnológico na solução de problemas do dia-a-dia (SANTOS; MORTIMER, 2001).

Dessa forma, ao se deparar com um novo produto no mercado ou a inserção de uma nova tecnologia, o indivíduo deve ser capaz de avaliar quais as implicações e as consequências disso para a sociedade, sendo uma avaliação crítica e reflexiva. A avaliação crítica deve promover uma análise não limitada ao interesse individual, que privilegia apenas o próprio bem-estar, mas sendo capaz de analisar as problemáticas envolvidas, inclusive, como por exemplo, a exploração de crianças para a produção de tais produtos, o desemprego gerado, o uso de substâncias nocivas ao meio ambiente, o descarte, a substituição do produto em detrimento do outro, entre outros (PINHEIRO; BAZZO; SILVEIRA, 2007).

A capacidade de tomada de decisão consciente para a solução que atenda ao interesse da maior parte da coletividade é, juntamente com o desenvolvimento de valores, o objetivo principal da educação CTS, respaldada nos objetivos do ensino CTS. Santos e Mortimer (2001) consideram como objetivo principal da educação CTS o desenvolvimento da

capacidade de tomada de decisão na sociedade científica e tecnológica e o desenvolvimento de valores.

Auler (2007), baseado em trabalhos da literatura, sintetiza os principais objetivos da educação CTS, são eles:

Promover o interesse dos estudantes em relacionar a ciência com os aspectos tecnológicos e sociais, discutir as implicações sociais e éticas relacionadas ao uso da ciência-tecnologia (CT), adquirir uma compreensão da natureza da ciência e do trabalho científico, formar cidadãos científica e tecnologicamente alfabetizados capazes de tomar decisões informadas e desenvolver o pensamento crítico e a independência intelectual. (p.1)

O que se observa na literatura é que, de forma geral, os autores dão ênfase a formação do cidadão crítico, ao desenvolvimento de atitudes e valores que colaborem para reflexão crítica e tomada de decisão sobre questões de Ciência e Tecnologia na sociedade.

De acordo com Santos e Mortimer (2001), a educação voltada para a formação cidadã atrelada ao Letramento Científico e Tecnológico compreende não somente o desenvolvimento do conhecimento científico e tecnológico e o uso da linguagem própria, passa pela compreensão do impacto da ciência e da tecnologia na natureza e na sociedade. Essa educação envolve uma abordagem crítica e reflexiva, permitindo que o aluno desenvolva a capacidade de avaliar as implicações da sua tomada de decisão para a comunidade, além de compreender como a CTS se influenciam mutuamente.

Portanto, para se atingir os objetivos da educação CTS no ensino de Ciências faz-se necessário uma adaptação do currículo, contemplando: a inclusão de temáticas de natureza sociocientífica, de estratégias didáticas que favoreçam a interdisciplinaridade, a interação social e o desenvolvimento de habilidades voltadas para a tomada de decisão consciente. (SANTOS; MORTIMER, 2000). Entende-se que para isso se concretizar, algumas vezes será necessário disponibilizar materiais didáticos que contemplam a abordagem CTS. As estratégias didáticas devem favorecer uma participação ativa dos alunos, para que se desenvolva criticidade a partir da sensibilização e atitudes que se concretizem nas tomadas de decisões futuras dos participantes. Muitas são as estratégias que se pode trabalhar em sala de aula nessa perspectiva, são elas: atividades experimentais investigativas, palestras, demonstrações, sessões de discussões, trabalhos em grupo, resolução de problemas, simulação e jogos de papéis, fóruns e debates, pesquisas de campo, visitas a indústrias e museus, entre outros (DECONTO, 2014).

1.3. A ATIVIDADE EXPERIMENTAL NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Até a década de 1950 do século XX, não havia no Brasil um sistema de ensino de Ciências bem estruturado. O que tínhamos era uma forte influência do método indutivo, em que a interpretação era direcionada para o sistema de generalizações. Os livros didáticos eram marcados pela ausência experimentos, havendo, portanto, uma prevalência teórica descritiva. Além disso, a maioria das obras eram adaptações ou traduzidas das obras europeias mais famosas (BUENO, FARIAS e FERREIRA; 2012).

O uso da experimentação no ensino de Ciências apareceu nos documentos da reforma educacional do início da República. Em 1903, o Presidente da República Washington Luiz criou o projeto de Lei Nacional que instituiu a necessidade dos Institutos se equiparem com laboratórios e material didático voltados para práticas de experimentação (PEREIRA, 2008).

Anos mais tarde, em 1920, a proposta metodológica incentivou a inserção de experimentos nas aulas de Ciência. Já na década de 1940, o Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura (IBECC) auxiliou o ensino de Ciências por meio de feiras de ciências, museus e clubes de ciência (PEREIRA, 2008).

Na década seguinte, o Governo Federal distribuiu kits de Química, contendo material de laboratório para realização de experimentos. Tal projeto ficou conhecido como “iniciação científica” e teve por objetivo capacitar alunos, mesmo fora do ambiente escolar, para desenvolver atitudes científicas (BARRA; LORENTZ, 1986).

Salienta-se que durante o século XX e final do século XIX foram feitas diversas tentativas de inclusão da experimentação no ensino de Ciências, sempre na busca de minimizar o desinteresse dos alunos, a dificuldade de aprendizado, a falta de motivação e o elevado número de alunos com baixo desempenho e com aversão à Química.

O movimento relacionado ao uso da experimentação no ensino de ciências contribuiu para que fossem inseridas e desenvolvidas essas atividades no contexto escolar, porém algumas pesquisas têm um posicionamento crítico em relação ao uso desse recurso (SOUZA, 2013). A crítica quanto ao uso desse recurso está relacionada a ideia sobre a função dessa atividade em sala de aula por parte dos professores, pois muitos desses profissionais atribuem

aos experimentos a capacidade de comprovar uma teoria, o desenvolvimento de habilidades técnicas, a motivação dos alunos nas aulas e a eficácia dessa estratégia.

Quando se credita a experimentação o poder de comprovar uma teoria, coloca-se a natureza da Ciência em cheque, visto que esta segue orientações específicas, cujos resultados estão sempre sujeitos a revisões externas e reproduções. O desenvolvimento da Ciência, por princípio, se baseia na interpretação de evidências extraídas do mundo real e testadas. Quando se trata a experimentação como uma comprovação de teorias, desvincula-se o produto (teoria) do processo (experimentação) e se atribui maior importância às teorias. Essa desvinculação contribui para que as aulas de laboratório no ensino sejam voltadas a um fazer procedimental, sem valorizar a reflexão, as conexões com conhecimentos pré-estabelecidos e a compreensão de conceitos necessária (PEREIRA, 2008). A Ciências não é um método, ela está sujeita à cultura, ao contexto, às diferentes formas de olhar originada da singularidade de cada cientista (SILVA; MACHADO; TUNES, 2010) e estes aspectos devem ser conhecidos e compreendidos por quem estuda Ciências.

Como decorrência desse olhar equivocado para a experimentação, Hodson (1994) chama atenção para ênfase dada pelos professores ao desenvolvimento de habilidades manuais em aulas de Ciências experimentais na educação básica. De acordo com esse autor, tais habilidades só são relevantes na formação de profissionais, como técnicos em Química, bacharéis e licenciando em Químicos.

Além disso, os professores utilizam a experimentação como estratégia de ensino que tem por finalidade motivar os alunos e alcançar bons resultados. Castelo Branco (2012) salienta que a motivação não atinge todos os alunos da mesma forma e o interesse pelas aulas experimentais pode ser diferentes de acordo com características e peculiaridades de cada indivíduo. Considerar que a experimentação é uma atividade motivadora por si só é desconsiderar que cada pessoa tem suas motivações internas, seus projetos e objetivos pessoais. Os aspectos mencionados contribuem para que a experimentação em aulas de Ciências não tenha obtidos bons resultados, nem se mostrado superior a outras estratégias de ensino (PEREIRA, 2008).

Em oposição ao uso do experimento como relatado, apresentaremos um olhar mais ampliado sobre o uso da experimentação no ensino de Ciências. A perspectiva defendida por Silva, Machado e Tunes (2010), que está ancorada na ampliação feita por Hodson (1994) e

que defende o uso de atividades experimentais investigativas, sejam elas demonstrativas ou não. Tais atividades não se prendem unicamente ao que pode ser realizado em laboratório.

Esses autores entendem que é possível vivenciar atividades experimentais em horta na escola, cantinas, museus, visitas planejadas (como por exemplo a estações de tratamento de água, esgoto, indústrias etc.), fazendo estudo de espaços sociais com resgate de saberes populares, assistindo a vídeos e filmes ou mesmo usando programas de computador. Para isso, faz-se necessário preparar um roteiro com os objetivos estabelecidos para a investigação que será realizada. O aluno deve ser envolvido na perspectiva de participar

Neste trabalho, vamos nos dedicar às atividades demonstrativas-investigativas e a experiências investigativas com vídeos, pois essas estratégias foram usadas nas aulas da PAPD desenvolvida para esta dissertação. As atividades experimentais denominadas de demonstrativa-investigativas têm por característica o levantamento das ideias prévias dos alunos, a dialogicidade entre o conhecimento prévio e o conhecimento escolar sistematizado historicamente (SILVA, MACHADO e TUNES, 2010).

Outros autores como Hayashi, Porfirio e Favetta (2006) chamam atenção para importância de se elaborar atividades que contemplem as ideias prévias dos alunos, mas que se coloque elas em confronto com contraexemplos na perspectiva de se reelaborar conceitos

Pereira (2008) salienta que a experimentação, se bem planejada e conduzida, possibilita a ampliação e a reflexão sobre as representações do mundo, permitindo significação no ensino de Ciências. Já Hodson (1994) defende em seus trabalhos que a experimentação deve conectar a teoria à prática, valorizando os conhecimentos prévios dos alunos e, por meio desses conhecimentos, promover o conflito de informações e a reformulação de ideias.

Segundo Emerich (2010, p.16), baseados nos trabalhos de Aguiar (2001) “o princípio da educação em Ciências é ajudar aos alunos a corrigirem suas explicações intuitivas e vulgares, sobre o mundo que os rodeia desenvolvendo suas capacidades de descrição, explicação, previsão e controle dos fenômenos naturais”.

Bem como Pereira (2008), Hodson (1994) e Emerich (2010) chamam atenção para a necessidade de o professor valorizar os conhecimentos prévios dos alunos, usando-os como ponte de partida e confrontando-os com novos conteúdos nas aulas experimentais de Ciências. Dessa forma, os conceitos serão reorganizados e podem sofrer mudanças sempre que um novo conceito for julgado “mais apropriado” (EMERICH, 2010). Gerhard e Rocha Filho (2010)

ainda pontuam que o conhecimento é sempre relacional, resultando de apreensão de novas informações relacionados com conhecimentos anteriores.

Para Silva, Machado e Tunes (2010), cabe ao professor promover o conflito das ideias iniciais, provocando a capacidade de argumentação do aluno, reformulação de ideias e a interação social. Deve ser a partir da exposição daquilo que o aluno sabe sobre um determinado fenômeno, que o professor dialogicamente pode elaborar perguntas que tenham como característica a reformulação das ideias prévias.

Esses autores ainda defendem que a atividade experimental na perspectiva demonstrativas – investigativas deve ser abordada nos três níveis de conhecimento: a observação macroscópica, a interpretação microscópica e a expressão representacional, baseado nos trabalhos de Johnstone⁶ (1982). Sendo a observação macroscópica a observação do fenômeno, a interpretação microscópica a explicação à luz da Ciência e a expressão representacional a linguagem científica. Ainda, é fundamental que os conhecimentos científicos estejam relacionados aos aspectos históricos e o fechamento do experimento voltado para abordagem CTS.

A abordagem CTS permite o desenvolvimento de valores e a tomada de decisão consciente. Dessa forma, o professor pode explorar uma problemática que está presente na vida dos alunos, despertar a reflexão crítica e possibilitar a tomada de decisão.

Outro tipo de atividade experimental apontada por Silva, Machado e Tunes (2010) foi a experiência investigativa, que exige um local mais adequado como o laboratório. Essa atividade tem por finalidade a busca da solução de uma questão a ser respondida após a realização da experiência. Os passos dessa atividade iniciam-se pela formulação de pergunta, exploração das ideias dos estudantes (levantamento da hipótese), desenvolvimento de um plano de ação, testagem das hipóteses, análise dos dados anotados, e por fim, resposta à pergunta inicial.

A última atividade experimental que apresentaremos em nosso trabalho sugerida por Silva, Machado e Tunes (2010) é a utilização de vídeos e filmes. Essa atividade permite uma abordagem contextualizada e interdisciplinar de um fenômeno, que não se deve ou não se consegue reproduzir no laboratório ou mesmo daqueles fenômenos que levam um tempo maior para ocorrer do que o que o professor dispõe. Os autores chamam atenção, entretanto, para o fato de não se encarar os vídeos ou filmes como uma atividade de lazer. Então, para

⁶ A. H. Johnstone. Macro and Microchemistry. School Science Review. V. 64, p. 377-379. 1982.

que seja proficuamente usada no processo ensino-aprendizagem em Ciências, a atividade experimental em vídeo deve ser bem planejada pelo professor e obedecer a etapas (descritas no capítulo pelos autores). Uma dessas etapas seria propor questões para os alunos antes da exibição.

Barbosa e Bazzo (2013) apontam que filmes documentários são um suporte para educação já que constitui uma fonte de informação e possibilita a exploração da abordagem CTS. Moran (1995) pontua que os vídeos se aproximam da vida cotidiana das pessoas articulado a todos os sentidos, assim, abrange o sensorial, o emocional, o intuitivo e o racional.

Todas as atividades experimentais sugeridas por Silva, Machado e Tunes (2010) têm como eixo norteador a contextualização, a interdisciplinaridade, a não dissociação teoria-experimento e o meio ambiente.

Os documentos oficiais como o PCN e DCNEM indicam a importância do uso da interdisciplinaridade e da contextualização no ensino de Ciências. Na literatura pesquisas relacionadas apontam que muitos professores, bem como os livros didáticos de Ciências abordam esses eixos de forma superficial e como exemplificação (NESELLO, 2010).

A interdisciplinaridade proporciona a ligação entre os conhecimentos, ampliando-os, permitindo integrar, interagir e interferir sobre a sociedade. Dessa forma, a interdisciplinaridade possibilita que o fenômeno observado dê sentido e significados diferentes (NESELLO, 2010).

Inserir e valorizar o contexto vivenciado pelo aluno influencia diretamente no processo ensino-aprendizagem, já que a partir das experiências e necessidades da turma o professor poderá planejar suas aulas e utilizar as estratégias didáticas voltadas para essa realidade. A exploração do contexto dos alunos além de enriquecer possibilita a realização de um trabalho contextualizado e interdisciplinar (NESELLO, 2010). Segundo Thiesen (2008)

Ajuda a compreender que os indivíduos não aprendem apenas usando a razão, o intelecto, mas também a intuição, as sensações, as emoções e os sentimentos. É um movimento que acredita na criatividade das pessoas, na complementaridade dos processos, na inteireza das relações, no diálogo, na problematização, na atitude crítica e reflexiva, enfim, numa visão articuladora que rompe com o pensamento disciplinar, parcelado, hierárquico, fragmentado, dicotomizado e

dogmatizado que marcou por muito tempo a concepção cartesiana de mundo. (p. 552-553)

A partir do que foi exposto nos três itens desse capítulo, consideramos que a abordagem CTS e as ferramentas de ensino descrita sejam suficientes para trabalhar pela superação da visão negativa sobre radiação eletromagnética e radioatividade, disseminada em livros, jornais, revistas e internet junto a alunos do Ensino Médio.

CAPÍTULO 2

METODOLOGIA

Esse capítulo destina-se a descrição do percurso metodológico desenvolvido nessa dissertação, sendo norteado pelo seguinte objetivo: analisar uma metodologia de ensino-aprendizagem elaborada e aplicada em uma turma de 3ª série do Ensino Médio, que procurou contemplar uma abordagem CTS sobre radiação eletromagnética e radioatividade.

Optamos por iniciar esse capítulo apresentando a realidade da escola, onde o projeto se desenvolveu, bem como descrevendo os participantes e os planos de aula desenvolvidos.

2.1 O CONTEXTO DA PESQUISA

Para o desenvolvimento da pesquisa foi escolhida uma escola do Ensino Médio situada na Região Administrativa Recanto das Emas - DF, pois fui lotada em no início do ano de 2016 nessa instituição como professora de Química para o 1º e 3º anos do ensino médio. Trata-se de uma escola pública regular de ensino fundamental (8º e 9º ano) e ensino médio. Essa Escola insere-se numa região com elevado índice de tráfico de drogas, violência, gravidez na adolescência e evasão escolar.

A Escola possui atualmente um total de 1414 alunos. De acordo com o corpo administrativo da escola, a maioria desses estudantes tem intenção prioritária de prestar exame de acesso ao ensino superior, ao invés de ingressar no mercado de trabalho. Depreendi, pelas conversas com colegas e Direção que preparar para exames de acesso ao ensino superior é um dos principais objetivos da instituição. Fui informada que os alunos reconhecem que a Escola proporciona oportunidades que visam melhorar sua qualidade de vida.

Esse reconhecimento é devido aos satisfatórios resultados alcançados pelos estudantes no Programa de Avaliação Seriada (PAS) no ano de 2015, quando foram aprovados onze (11) alunos, atingindo o maior índice de aprovação na Região Administrativa Recanto das Emas. Hoje, a escola é bem vista pelos alunos e pela comunidade, porém nem sempre foi assim.

Há quatro anos, a escola tinha um maior quantitativo de sérios problemas com a violência, tráfico de drogas e evasão escolar. A atual gestão administrativa assumiu a Escola

em 2012 e fez um trabalho inovador. Os índices de evasão escolar, drogas e violência na escola diminuíram consideravelmente, devido ao desenvolvimento de projetos que valorizam o esporte, a cultura, além de atividades extras que auxiliam o desenvolvimento cognitivo dos alunos.

Como professora dessa escola e do ensino médio sinto-me desafiada a colaborar com a educação diferenciada, preparando da melhor forma possível os jovens para o trabalho e para “... o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico exercerem com dignidade sua posição na sociedade...” (Art. 35, inciso III da LDB) e adicionalmente, ajudá-los na “compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina” (Art. 35, inciso IV da LDB, BRASIL 1996) .

Sabemos que essa é uma tarefa árdua, visto que além dos requisitos básicos para ser um bom profissional (ter conhecimento amplo do conteúdo, ter uma boa didática, conhecer metodologias diferenciadas, saber relacionar-se com os alunos, colegas, pais, funcionários etc.) é necessário que nós professores desenvolvamos estratégias para mostrar aos nossos alunos a importância de se aprender determinados conceitos, visto que os conteúdos ditos puros, fora de um contexto, não têm motivado os alunos. Acreditamos que um plano didático voltado para a realidade dos educandos ou o mais próximo dela prepara-os melhor para a vida e pode minimizar os índices de reprovação e abandono dos estudos. Por isso, nessa dissertação, buscamos contextualizar os conteúdos relativos a radiação ionizante e não ionizante, aproximando-os das realidades desses educandos. Segundo Pais (2002, p. 22), “Uma forma de dar sentido ao plano existencial do aluno é através do compromisso com o contexto por ele vivenciado, fazendo com que aquilo que ele estuda tenha um significado autêntico e, por isso, deve estar próximo a sua realidade”.

Escolhemos iniciar a proposição explorando o espectro eletromagnético, pois percebemos que existe uma confusão por parte dos alunos em diferenciar radiação não ionizante e radiação ionizante. Por um levantamento que realizamos durante a disciplina de Estágio Docência, grande parte do conhecimento dos alunos acerca dessa temática é obtida por meio das mídias, o que tem por consequência uma visão equivocada de que todas as radiações são prejudiciais à saúde.

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+), os conteúdos devem ser trabalhados em sala de aula valorizando um sentido mais amplo, uma reflexão aprofundada sendo um instrumento para a compreensão do mundo. Em sendo assim, os jovens podem desenvolver habilidades na escola por meio da apreensão do conhecimento para que consigam, quando demandados, se posicionar criticamente diante das situações desafiadoras. Um bom exemplo disso é que com apoio do conhecimento escolar, os jovens podem:

Reconhecer que, se de um lado a tecnologia melhora a qualidade de vida do homem, do outro ela pode trazer efeitos que precisam ser ponderados quanto a um posicionamento responsável. Por exemplo, o uso de radiações ionizantes apresenta tanto benefícios quanto riscos para a vida humana. (BRASIL, 2002, p.68).

O conteúdo de radioatividade é abordado no 2º ano do ensino médio em Química e no 3º ano é abordado o espectro eletromagnético na Física. Do que nos foi possibilitado pela Escola, escolhemos o 3º ano para aplicar a proposta, pois acreditamos que a inter-relação desses conteúdos pode contribuir com maior significado para os alunos.

A proposta foi aplicada nos meses de abril e maio do ano de 2016, no 1º bimestre do ano letivo. A todos os participantes foi designado um código (X1, X2, Y3, Y4...) para garantir-lhes o anonimato.

Os dados foram coletados por meio das atividades em sala, atividade extraescolar, avaliações, questionários, debates em grupo e fichas de avaliação da aprendizagem. Além disso, utilizamos um diário de aula do professor, no qual foi anotado o passo a passo da aula, bem como as principais dúvidas, reflexões a partir dos momentos vivenciados, até posicionamento dos alunos que foram alvo de nossa atenção. Essas anotações foram consultadas e analisadas minuciosamente para elaboração do terceiro capítulo.

A análise dos dados teve um caráter predominantemente qualitativa. De acordo com Godoy (1995, p.21), a pesquisa qualitativa tem as seguintes características:

Um fenômeno pode ser melhor compreendido no contexto em que ocorre e do qual é parte, devendo ser analisado numa perspectiva integrada. Para tanto, o pesquisador vai a campo buscando ‘captar’ o fenômeno em estudo a partir da perspectiva das pessoas nele envolvidas, considerando todos os pontos de vista relevantes. Vários tipos de dados são coletados e analisados para que se entenda a dinâmica do fenômeno.

Ainda, segundo Merriam⁷ (2002) citado pelo autor Godoy (2010) existem quatro características ditas chaves para esse tipo de pesquisa. Primeiramente, o pesquisador deve voltar-se para a compreensão dos significados dos sujeitos da pesquisa, esses significados incluem a maneira de ver o mundo, a sua realidade e as experiências vivenciadas. Além disso, o principal instrumento do pesquisador deve ser a coleta e a análise de dados. Em terceiro lugar, a pesquisa deve ser indutiva, ou seja, constrói-se pressuposições por meio da investigação e da análise de dados. Por fim, o relato da análise dos dados deve ser essencialmente descritivo, rico em detalhes e analisados em literatura disponível.

Assim, a pesquisa qualitativa está de acordo com o objetivo desse trabalho, pois a investigação foi direta, ou seja, o pesquisador teve contato direto com a situação estudada, as contribuições dos investigados nortearam a pesquisa, o método foi indutivo e os dados descritivos (GODOY, 1995).

A nossa pesquisa tem como objetivo investigar: **Como um material de ensino pode contribuir para a compreensão / significação de conceitos relativos a radioatividade a partir de uma abordagem CTS em aulas de Química no Ensino Médio, contrapondo-se a visão negativa disseminada em livros (PNLEM e PNLD), jornais, revistas entre outras fontes?**

2.2 A CONSTRUÇÃO DA PROPOSIÇÃO PROFISSIONAL DE AÇÃO DOCENTE

Podemos dizer que a construção dessa proposição se iniciou a partir de uma análise de livros didáticos de Química, aprovados pelo PNLEM 2015, realizada como estudo piloto, enquanto eu ainda trabalhava como professora temporária de uma escola da Secretária de Educação do Distrito Federal (SEDF) na Região Administrativa da Ceilândia no ano de 2015. Mesmo que essa análise não faça parte dos resultados dessa dissertação constantes no próximo capítulo, resolvemos mencioná-la, pois foi a partir dela que começamos a desenhar essa dissertação. Isso ocorreu quando percebemos que esses materiais didáticos exploram superficialmente as aplicações da radioatividade na medicina e muitos não descrevem como uma radiação ionizante atua no corpo humano. Também não observamos nos livros uma

⁷ MERRIAM, S. B. Qualitative research in practice: examples for discussion and analysis. San Francisco: Jossey-Bass, 2002.

diferenciação entre radiações ionizantes e as não ionizantes e, tampouco, há uma exploração do espectro eletromagnético.

Fizemos um estudo piloto aplicando um questionário para alunos do 2º e 3º da escola onde encontrava-me lotada no ano letivo de 2015. O objetivo foi levantar conhecimentos espontâneos de nossos alunos sobre radiação e radioatividade, avaliando se os livros didáticos e a escola tinham provocado mudanças nos conhecimentos dos participantes. A maioria dos alunos do 2º ano não tinha estudado a temática radioatividade no momento da coleta de dados e os alunos do 3º ano, na sua maioria, afirmou já ter visto ou “aprendido” o referido conteúdo.

Por meio das respostas, observamos a que maior parte dos alunos tanto do 2º ano como do 3º ano não conseguiu diferenciar radiação e radioatividade, considerando-as a mesma coisa. Adicionalmente, na tentativa de analisar o conhecimento dos conceitos radioatividade, radiação, radiação ionizante, radiação não ionizante, percebemos que muitos alunos não conheciam os conceitos, mas relacionavam os termos como algo ruim, maléfico, prejudicial ao ser humano e/ou ao meio ambiente.

Isso nos impulsionou a elaborar uma Proposição de Ação Profissional Docente na perspectiva de motivar esses alunos, instigando o interesse com informações que complementassem o livro didático e que se mostrassem mais relevantes e despertassem neles a vontade de aprender mais, se preparando melhor para a vida.

Acontece, que no início de 2016, quando estava me preparando para renovar o contrato de professora temporária da Secretaria de Educação do Distrito Federal, fui surpreendida com o chamado para assumir o cargo de professora permanente do quadro da SEDF, relativo a um concurso (Edital nº01-SEAP/SEE, de 04 de setembro de 2013) que havia prestado anteriormente. Devido a isso, ficou para trás a possibilidade de dar continuidade à proposição do mestrado, na instituição em que realizei o estudo piloto. Considero que esse fato teve aspectos positivos, afinal o meu desejo de ser professora efetiva da SEDF tornou-se realidade. No entanto, trocar de escola no meio do mestrado, já tendo coletado algumas concepções dos meus alunos de 2015 sobre conceitos presentes na proposição, me deixou bem insegura. Apesar disso, pesquisas na Área Ensino de Ciências nos mostram que as dificuldades de aprendizagem são universais e se assemelham. Baseado nisso, confiamos que o trabalho seria possível e assumindo os riscos que poderiam aparecer.

A Direção da nova escola me designou sete turmas, sendo quatro de 1º ano do ensino médio e três de 3º ano. Minha carga horária na escola foi estabelecida em 40 horas semanais.

Para aplicar a PAPD nas turmas de 3º ano, conversei com a Direção e expliquei a proposta. Recebi permissão para aplicação, apesar do Diretor ter me sugerido usar uma das aulas da semana para a proposta e a outra continuar com a Química Orgânica, já prevista no calendário escolar. Devido a exiguidades do prazo concedido para a defesa da dissertação optei por aplicar a PAPD em todas as aulas.

Procuramos inserir atividade que valorizassem um debate sobre o uso da radiação ionizante, já que percebemos que muitos alunos não entendiam a importância para o homem do conhecimento relacionado, pois focavam demais nos impactos lesivos gerados pelo uso inadequado das tecnologias associadas com esse conhecimento. Queríamos ainda que os alunos compreendessem algumas questões envolvidas nesse tipo de tecnologia, como por exemplo, a influência e o investimento por parte dos nossos governantes, os impactos econômicos gerados, a mudança na vida das pessoas por conta do conhecimento atinente, os debates éticos nos diferentes países, entre outros aspectos.

Com as experiências trocadas em sala de aula esperávamos dar condições para os alunos participantes compreendessem melhor sobre os diferentes tipos de radiação e questões tais como: Quão úteis ou lesivas podem ser as diferentes radiações em nossas vidas?; Como se proteger dos diferentes tipos de radiação?; Por que exames de raio X não devem ser um exame rotineiro?; Por que e quando se pode lançar mão da radioterapia no tratamento do câncer?; Por que se pode usar radioisótopos para diagnosticar e tratar câncer?; Por que é necessário um regime especial de trabalho para os profissionais que operam aparelhos que se utilizam de radiação ionizante?; Quais os cuidados com os resíduos produzidos a partir de materiais radioativos?

Para isso, articulamos conceitos da Química, da Física e da Biologia buscando promover a integração do conhecimento. Segundo Bonatto e colaboradores (2012, p.2): “A interdisciplinaridade é um elo entre o entendimento das disciplinas nas suas mais variadas áreas. Sendo importante, pois, abrangem temáticas e conteúdos permitindo, dessa forma, recursos inovadores e dinâmicos, onde as aprendizagens são ampliadas”.

Nossa proposição foi estruturada em nove (9) planos de aula constantes ao longo do Apêndice 1, isto é, na Proposição de Ação Profissional Docente. Cada um deles tinha uma temática principal, são elas:

1. As emissões das radiações provenientes do sol;
2. O espectro eletromagnético: ondas de rádio, televisão e micro-ondas;

3. O espectro eletromagnético: faixas da luz visível e do infravermelho;
4. O espectro eletromagnético: ultravioleta, raios X e raios gama;
5. O espectro eletromagnético: raios X e raios gama;
6. Profissões que envolvem radiação ionizante;
7. Radioatividade: partículas alfa e beta, radiação gama;
8. Como a radiação ionizante atua no organismo e as principais aplicações da radiação ionizante na medicina;
9. Resíduos radioativos e outras aplicações da radiação ionizante.

No capítulo a seguir encontram-se os dados coletados durante a aplicação da proposição e a discussão deles a luz da literatura.

CAPÍTULO 3

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo trataremos⁸ dos resultados da aplicação da proposta e discutiremos sobre os dados obtidos de acordo com os objetivos deste trabalho e a luz da literatura.

3.1. APROFUNDANDO O CONTEXTO DA PESQUISA

Como foi citado no capítulo anterior, essa pesquisa foi desenvolvida em uma Instituição Educacional da Rede Pública de ensino do Distrito Federal. A escola de ensino fundamental e médio possui uma boa estruturada física, contando com vinte salas de aulas, sala de vídeo, laboratório de Ciências, duas quadras de esportes (sendo uma coberta), sala de estudo, sala de informática e cantina.

A instituição conta com televisão em todas as salas de aula, tem quatro aparelhos multimídia e possui máquina copidora. Esse último equipamento é usado para imprimir avaliações e atender as demandas administrativas. No entanto, caso o professor deseje utilizar textos complementares, roteiros de atividades, tarefas de sala ou de casa deverá arcar com os custos de impressão ou solicitar que os alunos paguem pelo material. O argumento é que não há recurso para tal despesa. Dessa forma, todo material utilizado durante a aplicação dessa Proposição de Ação Profissional Docente (PAPD) (Apêndice 1, p. 128), foi custeado por mim, mestrande e professora de Química da instituição mencionada.

As aulas de ensino médio ocorrem nos turnos matutino e vespertino. As aulas acontecem no período da manhã de 7 h 30 min às 12 h 30 min e no vespertino, de 13 h 15 min às 18 h 15 min. Os alunos têm aula apenas em um período, porém, fica a cargo do professor ministrar aulas complementares, aulas de reforço, plantões de dúvidas no horário contrário das aulas.

Uma coisa me chamou atenção logo que iniciei meu trabalho nessa instituição. A rigidez e o fato de ser voltada para preparação dos exames de acesso à Universidade de

⁸ Nesta etapa da dissertação, sempre que me referir a experiências pessoais ou mesmo explicitar minha opinião, utilizarei a primeira pessoa do singular. Por sua vez, farei uso da primeira pessoa do plural sempre que mencionar considerações ou experiências compartilhadas com meus alunos e alunas, minha orientadora ou mesmo com autores de pesquisas consultadas.

Brasília. Isso ficou evidenciado nas palavras de colegas professores, que foram prontos em informar que suas aulas são voltadas para a preparação do vestibular.

As salas em que trabalhamos têm em média 35 a 40 alunos. Por esse motivo, as carteiras são dispostas em duplas, já que organizar as carteiras em fileiras individuais restringem a passagem dos estudantes. Durante as primeiras aulas da PAPD, procuramos modificar essa organização, colocando as carteiras em forma de “U”, mas percebemos que isso nos tomava um tempo no início e no final dos encontros. Por isso, a partir da 4ª aula optamos por deixar a organização prevista pela escola.

Nossa escola atende em regime semestral, ou seja, todo o conteúdo da metade das disciplinas é ministrado no 1º semestre, enquanto a outra metade fica para o semestre seguinte com exceção de Português, Matemática e Educação Física. As aulas concentram-se de segunda a sexta feira. Com relação à Química, cada turma tem quatro aulas semanais durante somente um semestre.

A escola estabeleceu quatro provas ao longo de todo o semestre, contabilizando 10 pontos e cada professor tinha outros 10 pontos para distribuir com atividades desenvolvidas. A pontuação estabelecida para as atividades avaliativas de Química do 1º bimestre foi distribuída como mostra a Tabela 1. Para serem aprovados, os alunos tiveram que atingir um mínimo de 10 pontos.

Tabela 1 - Distribuição dos pontos para as atividades desenvolvidas no 1º bimestre de Química para as turmas de 3º ano do Ensino Médio da escola participante da aplicação da PAPD.

| <i>Atividades</i> | <i>Pontuação</i> |
|--|---------------------------------------|
| <i>Prova discursiva – referente a química orgânica</i> | 2,0 pontos |
| <i>Atividade – referente a Química Orgânica</i> | 0,5 ponto |
| <i>Prova interdisciplinar – referente ao PAPD</i> | 3,0 pontos |
| <i>Atividades – referente ao PAPD</i> | 2,0 pontos (sala) + 2,0 pontos (casa) |
| <i>Participação</i> | 0,5 ponto |

Os alunos participantes dessa pesquisa encontravam-se regularmente matriculados no ano letivo de 2016 em duas turmas do 3º ano do nível médio. Contamos com a participação de 54 alunos do gênero feminino e 54 do masculino. Apesar de lecionar para três turmas do 3º ano e aplicar a proposta nas mesmas, escolhemos duas para análise e investigação do PAPD. Denominamos as turmas de TX e TY, cada uma contendo 37 e 36 alunos respectivamente. A escolha dessas turmas justifica-se por apresentarem características semelhantes, que consideramos relevantes como um quantitativo de alunos semelhante, a localização das salas

de frente para a quadra de esportes e uma aula semanal concentra-se logo após o intervalo (dependendo do tipo de lanche o intervalo é maior). Além disso, escolhemos somente duas turmas pela conveniência no número de material para analisar, em função da exiguidade do tempo entre o final da aplicação da PAPD e a defesa da dissertação estabelecida pela Comissão do PPGEC.

Observamos que a maioria desses alunos (mais de 90% - 66 alunos) estudou os três últimos anos em escolas públicas, sendo que 67% do TX (\approx 25 alunos) e 57% do TY (\approx 20 alunos) fizeram pelo menos o ensino médio na própria instituição em que a PAPD foi aplicada. Em geral, os alunos gostam e elogiam a escola pelo fato de ser referência entre a comunidade. Além disso, a escola é bastante conhecida por participar de vários jogos esportivos e muitos alunos entram na escola com o objetivo de se tornarem esportistas. Um ponto negativo levantado pelos alunos é a violência perto da escola.

Nossa escola situa-se numa região com alto índice de violência, com relatos quase diários de agressões contra os alunos, como assaltos nas redondezas. Essa situação provoca nos estudantes um sentimento de insegurança, tornando-os receosos em ir à escola, principalmente nos horários contrário. Além disso, muitos relatam esses casos de violência durante as aulas, impactando o estado emocional de todos e, conseqüentemente, o desenvolvimento das atividades. Podemos afirmar que vivemos o que Assis, Constantino e Avancini (2010) relatam:

Toda a aprendizagem se processa numa interação entre as condições internas da criança ou adolescente, as condições externas do meio físico e social e os objetos do conhecimento, representados pela leitura, escrita, a variedade de disciplinas, valores e atitudes que circulam na escola. No caso de haver um ambiente escolar, familiar ou comunitário atravessado por situações de violência, seu reflexo correrá, de alguma forma, na aprendizagem do aluno. (p. 190).

3.2 A APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA

Comecei a ministrar as aulas na escola em que apliquei a PAPD no dia 29 de fevereiro de 2016. Durante o mês de março, o conteúdo ministrado para os alunos do 3º ano foi Química Orgânica e Soluções. Na última semana do mesmo mês, expliquei aos alunos a proposta que iríamos desenvolver ao longo do mês de abril. A primeira reação por parte dos alunos foi de entusiasmo com a novidade.

Sendo assim, a aplicação da proposta iniciou-se no dia 4 de abril e foi finalizada no dia 16 de maio de 2016. Durante esse período, tivemos interrupções devido a feriados, feira de ciências, conselho de classe e reunião de formatura. Devido a dinâmica do calendário escolar tive que repor algumas aulas e, para isso, solicitei aulas dos meus colegas e também usei horário contrário. Ao final, foram usadas 18 h/aula para o desenvolvimento de toda a proposição.

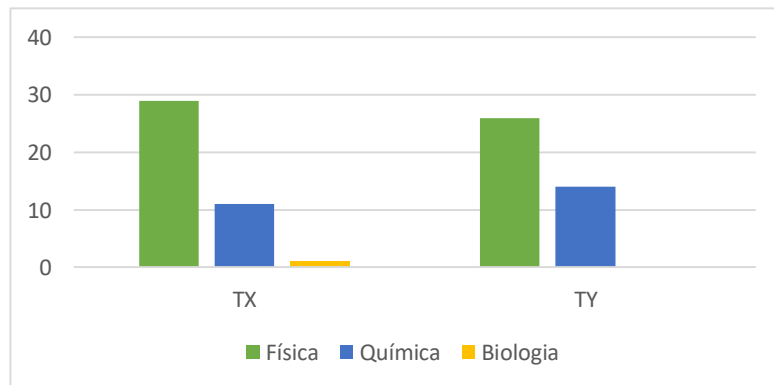
Nos primeiros encontros, os alunos mostraram-se empolgados com a proposta. Porém, a partir da 5ª aula, eles começaram a me questionar sobre as aulas. O questionamento ocorreu, pois, segundo alguns alunos as aulas de radiação e radioatividade foram ministradas no 2º ano e o conteúdo previsto, Química Orgânica, deveria ser explorado nesse semestre. Utilizei-me de algumas estratégias para mostrar a importância da temática, tive conversas com as turmas sobre o que seria abordado durante a proposição, expliquei sobre a relevância desse conhecimento na vida real, falei como esse conteúdo costuma aparecer nos exames de acesso à universidade e sobre o grau de dificuldade das questões e mostrei algumas fragilidades desses conteúdos quando abordados nos livros didáticos. Apesar disso, fui pressionada pelos alunos até a finalização da proposta. Voltaremos a falar desse assunto em um item dedicado a discussão sobre as dificuldades vividas durante a implementação da PAPD.

3.3. SOBRE AS CONCEPÇÕES INICIAIS

Aplicamos um questionário (Apêndice 1, p. 9) antes de começar o PAPD com objetivo de obter informações sobre o que os alunos do 3º ano entendem por radiação eletromagnética, radioatividade, suas aplicações e coletar informações acerca das influências das fontes utilizadas por esses alunos sobre a temática deste trabalho. Apenas 5 alunos do TY não responderam ao questionário.

A primeira pergunta concentrou em saber quais as disciplinas esses alunos estudaram radiação eletromagnética ou radioatividade. O gráfico abaixo mostra o quantitativo das respostas na Figura 1:

Figura 1 - Respostas dos alunos das turmas TX e TY sobre em que matéria tiveram aulas sobre radiação eletromagnética ou radioatividade.



Pode-se observar que a maioria desses alunos (29 alunos – 78,4% - da TX e 26 alunos – 72,2% - da TY) apontou a disciplina Física como tendo explorado radiação eletromagnética e radioatividade. Isso me sugeriu que nossa proposta poderia trazer para eles um enfoque diferenciado. Além disso, as respostas apresentadas mostram que não houve associação da temática com a disciplina de Biologia, poucos associaram aos conteúdos de Química, isso é, 29,7% (11 alunos) da TX e 38,9% (14 alunos) da TY e apenas um dos alunos da turma X afirmou ter estudado esse conteúdo nas três disciplinas.

Além disso, a fim de descobrir se esses alunos conseguiam relacionar o Sol como principal fonte de energia, pedimos para que eles apontassem quais radiações são emitidas por ele. A radiação ultravioleta foi a mais citada pelos estudantes, sendo encontrada em 97% (35,9 alunos) das respostas da TX e 89% (32,0 alunos) da TY. Em torno de 8% (3 alunos) da TX e 20% (7 alunos) da TY citaram uma segunda radiação e um número bem menor chegou a falar de uma terceira e uma quarta radiação. Esses resultados demonstram que os alunos têm um conhecimento limitado sobre quais radiações são emitidas pelo sol.

Pesquisamos ainda em que fonte os alunos ouviram ou leram sobre radioatividade, infravermelho, ultravioleta e luz visível (ver gráficos das figuras 2 e 3)

Figura 2 - Quantitativo de alunos das turmas TX e TY e as fontes em que obtiveram informações sobre radioatividade.

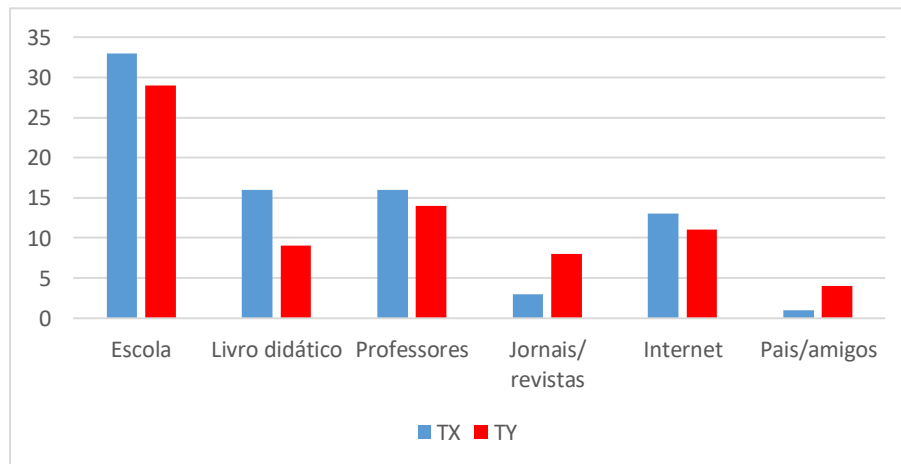
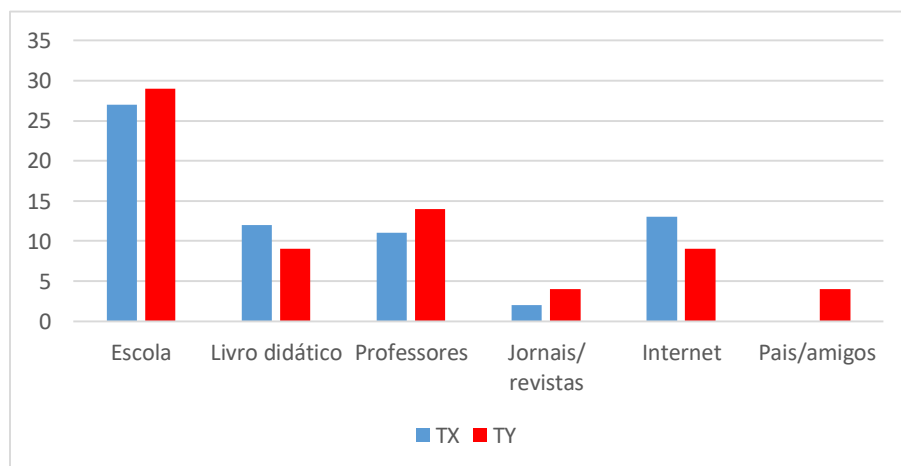


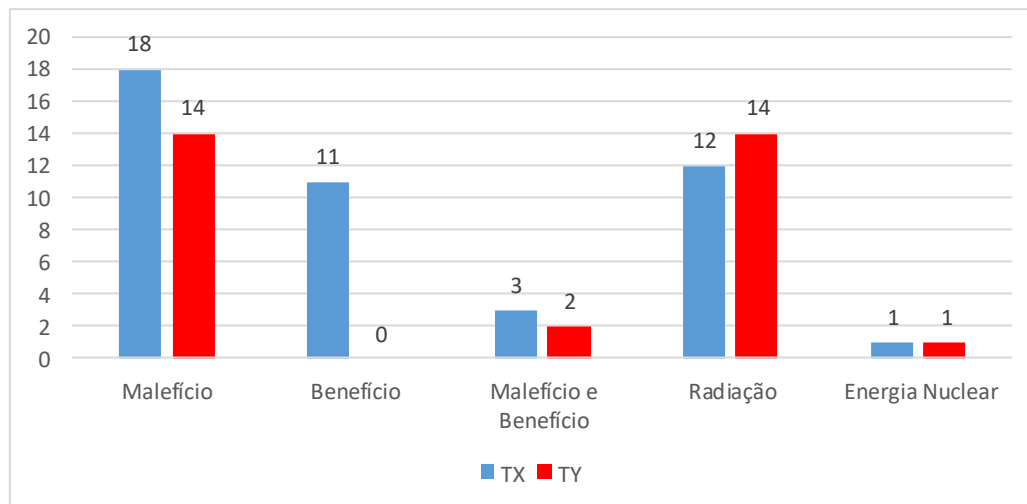
Figura 3 - Quantitativo de alunos das turmas TX e TY e as fontes em que obtiveram informações sobre radiação infravermelho, ultravioleta e luz visível.



Observamos pelos gráficos que há uma ligeira variação entre as duas turmas, mas as fontes mais comuns são as mesmas e concentram-se no ambiente escolar, por meio dos livros didáticos e professores, além da internet. Essa última mostra-se expressiva fonte de informação e merece nossa atenção, pois sua influência pode também condicionar ideias e opiniões e até mesmo reforçar a valorização acrítica do conhecimento científico-tecnológico sobre os demais. “O poder de manipulação da mídia pode atuar como uma espécie de controle social, que contribui para o processo de massificação da sociedade, resultando num contingente de pessoas que caminham sem opinião própria” (SILVA; SANTOS, 2009, p. 2). A informação sem a devida reflexão e compreensão pode contribuir para manutenção da falta de conhecimento.

Investigamos qual a associação que os alunos fazem quando escutam a palavra radioatividade. Na figura 4 pode-se observar os significados relacionados pelos alunos.

Figura 4 – Significados que os alunos das turmas TX e TY associaram com a palavra radioatividade.



Assim como no trabalho de Medeiros e Lobato (2010), grande parte dos nossos alunos (51% do TX e 45% do TY) associou radioatividade como algo que faz mal à saúde, que traz malefícios. Em resposta à pergunta ainda citaram os acidentes radioativos, a contaminação radioativa e as bombas atômicas como o aluno Y14.

Y14 - “Nas pessoas que foram mortas por doenças causadas após o lançamento das bombas Hiroshima e Nagasaki.”

Assim como em nosso trabalho, Medeiros e Lobato (2010) e Dutra (2010) também apontaram em seus trabalhos a associação da radiação e da radioatividade a malefícios a saúde. Enfatizamos que nosso objetivo foi ajudar a romper com essa visão negativa e proporcionar uma reflexão sobre o uso das tecnologias que envolvem radiação e radioatividade, inclusive mostrando os benefícios, para que assim cada aluno seja capaz de se posicionar diante dessas questões.

Salientamos que nossos alunos não pareciam estar satisfeitos com a construção dessa visão negativa. Em nosso questionário também perguntamos o que eles gostariam de saber sobre radioatividade e radiação, 44% (\approx 16 alunos) da TX e 52% (\approx 19 alunos) da TY indicaram que gostariam de entender se a radiação/radioatividade causam realmente mal à saúde, quais são os riscos, as proteções, as sequelas etc. Ainda, 66% (\approx 24 alunos) da TX e 48% (17 alunos) da TY apontaram que gostariam de entender mais sobre as radiações e a

radioatividade. As principais dúvidas e curiosidades de nossos alunos eram em relação a: “Quais as radiações que o sol emite?”, “Qual a diferença de radiação eletromagnética e radioatividade?”, “Qual a importância do infravermelho e ultravioleta?”, “O que é radioatividade?”, “O que são radiações infravermelha e ultravioleta?”. A pergunta feita por X32 mostra a dificuldade que a falta de conhecimento provoca em diferenciar histórias de ficção e realidade. Já os questionamentos de X21 e X4 apresentam a necessidade da aplicação para justificar a importância e a necessidade de se estudar, argumento muito usado pelos alunos, talvez por terem à sua disposição uma vasta quantidade de informação.

X32 - “É possível conseguir poderes através da Radiação?”

X21 - “Qual a influência que isso traz para minha vida?”

X4 - “Podemos utilizar para a saúde?”

Como podemos observar muitas dúvidas e curiosidades estão inseridas na vida dos nossos alunos e foram essas principais indagações que nortearam a elaboração desse trabalho. Buscamos dar foco na integração do conhecimento com a vida dos alunos

No próximo item, serão apresentados dados que apontam se houve pelos alunos, a partir do material usado nas aulas, a identificação dos aspectos sociais, econômicos, políticos e ambientais envolvidos com a produção científico-tecnológica na sociedade contemporânea associados à radiação eletromagnética e conceitos correlatos.

3.4 ARTICULAÇÕES CTS

Por meio das atividades propostas ao longo da PAPD, buscamos relacionar aspectos sociais, políticos, econômicos e ambientais ao conhecimento sobre radiação eletromagnética e os resultados são discutidos a seguir. Buscamos incorporar tanto nas atividades que exploraram as articulações CTS como na discussão delas o conhecimento veiculado em textos como os de: Santos e Mortimer (2000), Pinheiro, Bazzo e Silveira (2007), Santos (2007b), Deconto (2014), Santos e Auler (2011) entre outros.

O texto em que tratamos da radiação ultravioleta, usado na Atividade 4 (Apêndice 1, p. 39), abordou o sol como principal fonte de energia, a diferença das radiações UVA, UVB e UVC e seus efeitos. O texto destacou a importância da radiação solar para a produção de vitamina D e os principais cuidados que devem ser tomados para evitar a exposição exagerada à luz solar. Também foi alvo do texto abordar sucintamente o impacto do uso dos protetores

solar para a saúde humana e dos golfinhos, conteúdo extraído do texto de Divulgação Cientista da Ciência Hoje. Após a leitura do texto de forma coletiva, os alunos tiveram oito questões de interpretação do texto a responder. A tabela 2 traz as respostas dos estudantes presentes na atividade a 1ª Questão, que solicitava que fosse destacado do texto algumas das consequências advindas do conhecimento sobre a radiação ultravioleta. Essa questão foi respondida por 24 alunos do TX e 20 do TY.

Tabela 2 - Respostas dos alunos das turmas TX e TY sobre as consequências do conhecimento desenvolvido sobre radiação ultravioleta.

| <i>Respostas</i> | <i>TX (%)</i> | <i>TY (%)</i> |
|---|---------------|---------------|
| <i>Tomada de decisão (escolhas conscientes)</i> | 38 | 10 |
| <i>Desvantagens</i> | 46 | 10 |
| <i>Vantagens</i> | 8 | 40 |
| <i>Outras</i> | 8 | 40 |

Observa-se que 38% dos alunos da turma TX e 10% dos alunos da TY reconheceram a importância de estudar essa temática para que possamos entender o mundo que nos cerca e, assim, fazermos escolhas conscientes, como pode ser visto na resposta de X11. Já o maior percentual dos alunos, 46% dos alunos da TX, destacou as desvantagens desse conhecimento, enquanto 40% dos estudantes da TY relataram as vantagens. Destacamos abaixo as respostas de Y9 como representante de vantagens e X15 de desvantagens:

X11 - “Estudar radiação ultravioleta nos prepara melhor para entender reportagens, participar de discussões e fazer escolhas de produtos, vestimentas e até de alimentos mais adequados”.

Y9 - “Esse conhecimento nos proporciona a ter algumas vantagens, como a descoberta de produção de vitamina D no organismo. Ajuda também a fortalecer os ossos e a redução de riscos de vários tipos de câncer e outras doenças”.

X15 – “A radiação ultravioleta são prejudiciais aos olhos e peles.”

Para estimular a percepção dos alunos quanto à importância do conhecimento sobre radiação ultravioleta para a humanidade e como esse conhecimento pode afetar suas escolhas, usamos um tempo de aula para discutir as consequências desse conhecimento. As questões 3 e 4, que fazem referência a camada de ozônio e as consequências de sua destruição, nos permitiram discutir nossas ações e quão importante é balizá-las pelo conhecimento. Além disso, usamos a destruição da camada de ozônio para discutir quão dinâmica é a produção do conhecimento científico. Afinal, a explicação para a interação dos gases clorofluorcarbono com o ozônio é um bom exemplo dessa dinamicidade, pois esses gases foram considerados

por muito tempo inertes e, por isso mesmo, foram tão utilizados em sistemas de refrigeração e aerossóis. Esse tipo de

Nos debates em sala de aula, 91,6% de 24 alunos da turma TX e 90% de 20 alunos da TY conseguiram reconhecer a função da camada de ozônio (ver resposta de X28). 89% dos alunos da turma TX (total de 27 alunos presentes) e 81% da TY (total de 20 alunos presentes) souberam relacionar o problema que contribui para a destruição da camada de ozônio, como destacamos nas respostas de X28 e Y25. Apesar dessas tarefas serem realizadas no mesmo dia, três alunos do TX não responderam o problema que contribui para a destruição da camada de ozônio.

X28 - “Absorve grande parte dos raios Ultravioleta”.

Y25 - “A principal causa é a reação química dos CFC’s presentes em aerossóis, gás de geladeira e ar condicionado [...]”.

A destruição da camada de ozônio vem sendo abordada recorrentemente em aulas de Ciências, por isso não foi difícil desenvolver essa discussão em sala de aula. Entretanto, foi possível perceber pela resposta de X21 que alguns alunos ainda confundem o fenômeno da camada de ozônio com o aquecimento global e a chuva ácida.

X21 - “Os gases poluentes liberados por fábricas, carros, entre outros. ”

Por isso mesmo, as questões ambientais devem perpassar diversos conteúdos na expectativa que ao compreendê-los os alunos possam enriquecer seus pontos de vistas, melhorar seus argumentos e favorecer a mudanças de atitudes (SANTOS; MORTIMER, 2000). Assim como em nosso trabalho, Santos (2007) relata o sucesso em sua proposta didática, possibilitando aos seus alunos o reconhecimento dos saberes sobre a importante proteção da camada de ozônio com relação a incidência da radiação ultravioleta na Terra.

A questão 6, relativa ao texto *radiação ultravioleta*, tinha por objetivo observar se os alunos percebem a dinamicidade da produção de conhecimento e o quanto isso pode nos ajudar em melhorar a qualidade de nossas vidas, bem como reconhecer problemas que os seres humanos têm causados à natureza para que possamos mudar. A questão propôs que os alunos retirassem do texto partes que demonstrassem que o conhecimento científico não é estático. As respostas dos alunos foram agrupadas por similaridades em trechos do texto destacados e pode-se ver o percentual de alunos na tabela 3. Salientamos que 25 alunos do TX e 22 alunos do TY fizeram a atividade.

Tabela 3 - Respostas dos alunos à 6ª questão da Atividade 5 sobre o conhecimento da Ciência ser dinâmico.

| <i>Trechos do texto</i> | <i>TX (%)</i> | <i>TY (%)</i> |
|--|---------------|---------------|
| <i>A evolução dos estudos dos protetores solares</i> | 28 | 28 |
| <i>Medida dos raios UV</i> | 6 | 14 |
| <i>A descoberta das radiações</i> | 11 | 19 |
| <i>Errados/ em branco</i> | 55 | 39 |

Observamos que mais da metade de alunos da TX (55%) não soube apontar um dos trechos que demonstram a Ciência não é estática e, conseqüentemente, não é constituída de verdades inquestionáveis. Esses trechos são identificados ao longo do texto intitulado “Radiação Ultravioleta” pelo menos na 12ª linha da 1ª coluna da página 1; na 11ª linha da 2ª coluna da página 2 e a partir da 8ª linha da 1ª coluna da página 3. Pelos resultados, percebe-se a necessidade de se inserir insistentemente nas aulas de Ciência aspectos históricos, éticos e contextos que vivemos causados pela falta ou insuficiência de conhecimento para promover uma visão crítica e possibilitar aos alunos minimamente compreender o que leem.

A História da Ciência mostra como o pensamento científico se modifica com o tempo, evidenciando que as teorias científicas não são definitivas e irrevogáveis; desmistifica o método científico, fornecendo ao estudante os subsídios necessários para que ele tenha uma melhor compreensão do fazer ciência. (FERNANDES, 2012, p. 5)

Como vimos anteriormente, os autores Costa, Cunha e Aires (2011) também deram destaque a relevância da filosofia da Ciência e dos aspectos históricos para colaborar com a compreensão de que a Ciência não é neutra e nem é composta por um conjunto de fatos incontestáveis e verdadeiros.

Como percebemos que grande parte dos alunos não sabia exemplificar ou até mesmo não tinha consciência do constante processo de transformação dos conhecimentos científicos, resolvemos usar um vídeo sobre a história da radioatividade para voltarmos ao assunto.

Na Atividade de Casa 6 (Apêndice 1, p. 50), solicitamos que os alunos assistissem a Parte 1 do vídeo: “A saga do prêmio Nobel – O Clã Curie” e respondesse a 21 questões relacionadas à história da radioatividade e da importância singular da família Curie para o desenvolvimento desse conhecimento. O vídeo mostrou aspectos relevantes como o imperialismo europeu da época, as guerras mundiais, a participação da mulher na sociedade, as dificuldades enfrentadas pelo casal Curie, as condições de trabalho, os riscos enfrentados pelo uso da radiação ionizante, além dos conteúdos e conceitos relacionados a Química, Física

e a Biologia. Pode-se dizer que esse vídeo incorpora as relações da Ciência aos aspectos tecnológicos, sociais, políticos, filosóficos, econômicos e éticos, defendendo pontos de vistas de Santos (2002) e Silva (2009) para uma melhor compreensão mundo.

A atividade teve por objetivo chamar atenção dos alunos para as principais partes do vídeo, direcionando o olhar deles como é recomendado por Silva, Machado e Tunes (2010). Os pontos destacados foram:

- o contexto histórico e filosófico em que se desenvolveu a descoberta da radioatividade;
- a influência das questões políticas na educação e nas descobertas científicas (em especial, a descoberta da radioatividade);
- a figura da mulher cientista no século XIX e o comportamento machista e misógino da sociedade;
- as condições insalubres de trabalho de Marie e Pierre Curie;
- a ciência dinâmica e não dogmática;
- as consequências da descoberta da radioatividade para a medicina.

Consideramos o número de questões da tarefa de casa elevado e chegamos a pensar que muitos não fariam a atividade, mas nos surpreendemos com o envolvimento dos alunos na resolução das questões. Ao corrigir a atividade, percebemos que muitos alunos viram (28 alunos do TX e 26 alunos do TY) e compreenderam o vídeo. Os estudantes da TX acertaram mais de 75% das questões e apenas 15% dos alunos da TY obtiveram nota abaixo de 75%.

Um dos objetivos dessa atividade foi introduzir o assunto de radioatividade e mostrar o desdobramento histórico e os aspectos que o condicionam, compreendo, dessa forma, que os conhecimentos científicos não são descobertos ao acaso e, tampouco, sem influenciar e ser influenciado por questões sociais, filosóficas, econômicas, culturais e ambientais, ideias chaves defendida pela abordagem CTS. Podemos dizer que o número de tarefas realizadas e o empenho em respondê-las aponta para a aceitação do vídeo pelos alunos.

Após a entrega da atividade mencionada acima, fizemos um debate sobre “A saga do prêmio Nobel – O Clã Curie”, e abaixo destacamos algumas das contribuições trazidas pelos alunos, que possibilitaram um momento rico de trocas entre todos.

X30 - *“Por que o prêmio Nobel foi destinado apenas a Pierre Curie? ”*

X2 - *“Professora, evidenciamos no vídeo que a família de Marie teve uma grande influência em ela estudar. ”*

X34 - *“As condições de trabalho de Marie eram péssimas, a sala era muito quente ou muito fria.”*

Y12 - *“[...] acredito que Marie enfrentou muitas dificuldades na universidade. Se hoje existe preconceito com a mulher, imagina nessa época.”*

X8 - *“[...] foi graças a Marie que muitos militares puderam tirar raio X.”*

Y11 - *“Muitos cremes com radiação eram usados sem saber que podia causar o câncer [...] só depois descobriram os seus efeitos.”*

Y12 - *“Quase não ouvimos falar de Marie e da sua filha. A sociedade ainda é machista, ouvimos brincadeiras que mulher não pode nada que seu lugar é na cozinha [...] tantos anos tem que Marie morreu e a sociedade pouco mudou.”*

X1 - *“A ciência está o tempo todo descobrindo novas coisas. Hoje não sabemos a cura do câncer, mas daqui a 50 anos já terão descoberto [...].”*

Observamos pelas respostas da atividade de casa sobre “A saga do prêmio Nobel – O Clã Curie” e pela participação dos alunos no debate que o vídeo se mostrou uma ferramenta muito boa, pois além de conhecimentos sobre a radioatividade, possibilitou nos discutir aspectos que tangenciam a produção dos saberes científicos e que nem sempre são percebidas pelos leigos (pessoas não ligadas ao mundo científico). Histórias como a divulgada por esse vídeo humanizam a produção do conhecimento, mostram as dificuldades envolvidas no trabalho dos cientistas, as necessidades de aporte financeiro para o desenvolvimento seguro da Ciência, o preconceito contra às mulheres, o desconhecimento dos riscos causados por determinadas substâncias e isso não passou despercebido pelos alunos. Acredito que vídeos como esse levaram Barbosa e Bazzo (2013) afirmar que:

Filmes do tipo documentário mostram-se excelentes subsídios para o fomento de alteração de concepções deformadas de ciência e tecnologia, sendo capaz de demonstrar a sua não neutralidade e a relação que se estabelece entre a sociedade e esses outros dois elementos. Por isso, são considerados como potenciais recursos didáticos para o ensino quando se pensa em discutir temas sociopolíticos e se busca a democratização do debate científico (p. 159).

Evidenciamos também que esses alunos tiveram um bom aproveitamento na avaliação bimestral⁹ realizada na semana seguinte da discussão do vídeo. A prova continha dois itens relacionados ao filme, que destacavam as condições de segurança do trabalho de Marie e Pierre Curie e o comportamento preconceituoso em relação as mulheres, um tema tão atual em nosso país. O índice de acerto na turma TX foi de 71% (\approx 26 alunos) e na TY foi 86% (\approx

⁹ A avaliação bimestral é um documento da escola. Não conseguimos autorização para reproduzi-la.

31 alunos) com relação à questão de segurança laboral. Já em relação aos aspectos de preconceito contra Marie Curie o índice de acerto foi ainda maior, 94% (\approx 35 alunos) na TX e igual na turma TY, isto é, 86%. Destacamos que todos os alunos das duas turmas fizeram a prova bimestral.

Assim como em nosso trabalho, Silva (2009) explorou a história da radioatividade e da família Curie. O uso dessa estratégia no trabalho dessa pesquisadora também possibilitou articulações CTS e obteve bons resultados quanto a discriminação social do gênero; a natureza provisória e falível da Ciência; a influência de questões sociais nas decisões de ordem técnico-científica e na identificação da participação social nessas decisões.

Na sequência didática proposta, inserimos a abordagem de profissões surgidas em decorrência do conhecimento em torno dos fenômenos da radiação. Nossos alunos estão no 3º ano do ensino médio, prestes a concluir a educação básica, e se interessam por temas relativos a profissões. Percebemos um interesse deles em discutir as condições especiais de trabalho dos profissionais mencionados, os protocolos de segurança, a adoção de cuidados e precauções quanto à exposição de radiação e até acidentes como Y33.

Y33 - “Por isso que aconteceu o acidente de Chernobyl, eles não seguiram as normas de segurança.”

Muitos não conheciam algumas das profissões e a estratégia ajudou também a mostrar que a descoberta da radioatividade contribuiu para o desenvolvimento de tecnologias, como as utilizadas na área de saúde, dentre muitas outras. Por isso, um grande número de alunos respondeu com facilidade o item c da atividade 6 seis, isto é, 95% dos alunos da TX e 71% da TY o consideraram verdadeiro. O quantitativo de alunos que responderam essa questão foi 20 na TX e 21 na TY.

Também foi alvo de nosso trabalho colocar para os alunos a produção de energia usando substâncias radioativas. Foi apontado por Sá (2006) que a maioria dos livros do Ensino Médio não avalia e nem propicia uma avaliação da relação entre riscos e benefícios da energia nuclear e também não trazem discussões a respeito das questões ambientais. Pensando nisso, solicitamos que os estudantes avaliassem as informações de um quadro comparativo entre aspectos da geração de energia por termelétricas e usinas nucleares e suas respostas encontram-se na tabela 4 (Questão 2a - da aula 9 – Apêndice 1, p. 64). Ressaltamos que 24 alunos do TX responderam e 23 alunos do TY.

Tabela 4 - Vantagens e desvantagens do uso da energia nuclear segundo respostas dos alunos quando compararam aspectos da geração de energia por termelétricas e usinas nucleares.

| <i>Respostas</i> | <i>Vantagens</i> | | <i>Desvantagens</i> | |
|--|------------------|----|---------------------|----|
| | TX | TY | TX | TY |
| <i>Capacidade calorífica</i> | 1 | - | 12 | - |
| <i>Combustível</i> | 13 | 5 | 1 | 1 |
| <i>Área para mineração e estocagem</i> | 3 | 4 | - | - |
| <i>Emissão de gases</i> | 15 | 5 | - | - |
| <i>Rejeitos</i> | 1 | 1 | 4 | 19 |
| <i>Acidentes (perigoso)</i> | - | - | 1 | 3 |
| <i>Descarte</i> | - | - | 1 | 1 |
| <i>Vantagem econômica</i> | - | 12 | - | - |

Ao analisarmos as respostas, expressas na tabela 4, observamos que as respostas concentraram nas vantagens do uso da energia nuclear: quantidade do combustível e transporte do mesmo (13 da TX e 5 da TY), a área para a mineração e estocagem de combustíveis (3 da TX e 4 da TY), a baixa emissão de gases poluentes (15 da TX e 5 da 3ºY) e as vantagens econômicas (12 da TY). Já no que diz respeito as desvantagens, as respostas concentraram-se nos rejeitos radioativos (4 da TX e 19 da TY), nos acidentes nucleares (1 da TX e 3 da TY) e no descarte adequado (1 da TX e 1 da TY).

Quando solicitados para citar “vantagens e desvantagens da produção de energia nuclear em comparação à geração de energia por usinas termelétricas”, alguns alunos escolheram somente um dos modos de produção de energia ao invés de estabelecer um comparativo entre as duas.

Y22 - “As usinas nucleares geram energia mais facilmente e mais barata. Uma desvantagem é que as usinas nucleares geram rejeitos e tem que ter todo um processo para descartar seu lixo na natureza.”

X15 - “Em questão de vantagens a usina nuclear sai na frente, pois as usinas termelétricas dependem de uma maior quantidade de recursos para realizar suas tarefas e de um maior espaço físico, além de agredir o meio ambiente com a emissão gasosa. ”

Na questão 6b da atividade 9, pedimos que os alunos indicassem possíveis soluções para os rejeitos radioativos, gerados em diversas atividades como usinas de energia, hospitais, instituições de pesquisa etc. Identificamos semelhanças nas respostas e agrupamos na tabela 5. Realizaram essa questão 25 alunos da TX e 24 alunos da TY.

Tabela 5 - Respostas dos alunos das turmas TX e TY sobre as possíveis soluções para os rejeitos radioativos produzidos na geração de energia nuclear.

| <i>Respostas</i> | <i>TX</i> | <i>TY</i> |
|--|-----------|-----------|
| <i>Obrigação do governo</i> | - | 8 |
| <i>Local seguro (fiscalizado)</i> | 8 | 9 |
| <i>Local longe da Cidade (isolada)</i> | 15 | 4 |
| <i>Esclarecimento para a população sobre o local do descarte</i> | - | 1 |
| <i>Enviar para o espaço</i> | - | 1 |
| <i>Utilizar elementos radioativos com tempo de meia vida curto</i> | - | 1 |
| <i>Reaproveitamento</i> | 11 | - |

Destacamos que a maior parte das respostas são condizentes com soluções reais e possíveis de serem realizadas, resumindo algumas: local seguro (8 alunos da TX e 9 da TY), local isolado (15 alunos da TX e 4 da TY) esclarecimento para a população sobre o local do descarte (1 da TY), reaproveitamento (11 alunos da TX). A resposta de Y37, destacada abaixo, mostra que não é preciso apenas manter esse tipo de resíduo disposto em local afastado, mas cita aspectos de segurança e limpeza.

X9 - “Tentar aproveitar ao máximo tudo o que se tem desses rejeitos. Armazenar esses rejeitos em locais mais isolados possíveis. ”

Y37 - “Tem que procurar um local limpo e seguro e procurar manter fora do alcance das pessoas. ”

Observamos que, apesar de algumas respostas serem superficiais, a atividade mostrou-se apropriada para discussões que apresentam o impacto da Ciência e da Tecnologia na vida das pessoas. Aulas em que se promove abordagens como essa podem enriquecer e gerar reflexão do envolvidos, amadurecendo seus pontos de vistas e preparando-os para usarem o conhecimento quando necessário. Santos e Mortimer (2001) propõem que a tomada de decisão esteja presente nas atividades de ensino com a finalidade de um debate público e busca de soluções que atenda a maior parte da coletividade, provocando mudanças sociais e contribuindo para a formação cidadã. Para que isso ocorra é preciso inserir temas reais que envolvam e estimulem os alunos a assumirem o compromisso social e percebam como é possível usar o conhecimento da Ciência fora da sala de aula.

Em função dos dados que foram explicitados nos parágrafos anteriores temos pelo menos um indicativo de que o material didático usado durante a aplicação da PAPD

possibilitou aos alunos identificar aplicações do conhecimento sobre radiação ionizante e não ionizante, bem como alguns aspectos que relacionam a produção do conhecimento científico e tecnológico com a sociedade.

Quando demos início a quinta e sexta aulas para aprofundar os conhecimentos sobre radiação ionizante, mais especificamente sobre radiação gama e raios X, realizamos uma atividade experimental com diversas radiografias de diferentes partes do corpo. Segundo o PCEM+ é relevante se trabalhar para levar os alunos a “Identificar diferentes tipos de radiações presentes na vida cotidiana [...] Compreender os processos de interação com os meios materiais para explicar os fenômenos envolvidos em, por exemplo, fotocélulas, emissão e transmissão de luz, telas de monitores, radiografias” (BRASIL, 2002, p.78).

Buscamos discutir nessa atividade identificar as regiões claras e escuras das radiografias, a interação da radiação com os ossos, órgãos, músculos do corpo humano, ainda relacionamos às questões relativas à saúde. Perguntamos aos alunos em que circunstância um médico pede para um paciente uma radiografia. A maioria das respostas foi para investigar o estado dos ossos, possíveis lesões e luxações e até exames de rotina como citado por 5Y.

G5Y - “Quando suspeita de deslocamento, ossos quebrados ou exame de rotina para ver pinos, parafusos, placas etc.”

Aproveitamos essa discussão para inserir o seguinte debate: “é sempre necessário fazer radiografia quando vamos ao médico?”. Destacamos algumas respostas a esse questionamento, são elas:

Y31 - “Depende do que o paciente está sentido. ”

X4 - “Muitas vezes o médico nem examina os pacientes vai logo pedindo o raio X.”

X10 - “Os médicos dos hospitais particulares pedem raio X, os dos hospitais públicos nem sempre. ”

X29 - “A verdade é que nos hospitais públicos a radiografia quase sempre está quebrada.”

Y7 - “Já ouvir dizer que os médicos ganham pelos exames que pedem. ”

Essas respostas acabaram nos conduzindo a discussões sobre a saúde pública no Brasil, os interesses econômicos existentes por trás das clínicas e hospitais, a ética dos profissionais de saúde, a quantidade demasiada de exames radiológicos, entre outros pontos. Apesar do foco principal da atividade ser a interação da radiação com os ossos, achamos que as discussões ocorridas enriqueceram o contexto e motivaram os alunos a participarem.

Sousa (2009, p. 86) utilizou uma atividade parecida e citou o potencial que a análise de radiografias causou em sua aula, além de salientar o tempo curto, a empolgação dos alunos, a interatividade na troca de experiências e a integração com situações vivenciadas pelos alunos.

Nas aulas 7, 8 e 9 exploramos o uso da radiação ionizante (raios X e radioatividade) nos diagnósticos e tratamentos médicos, falamos sobre os radioisótopos mais utilizados e explicamos como se dá a interação da radiação ionizante com o organismo e suas consequências. As perguntas e as observações dos alunos se concentraram nos tratamentos e procedimentos médicos, em aspectos de bioquímica celular, nas mutações do DNA, na probabilidade de contaminação por fontes radioativas e nos acidentes radioativos. Alguns alunos compartilharam situações vivenciadas por eles ou por parentes, que já fizeram algum exame ou tratamento com radiação ionizante.

Orsolin, Salla e Salla (2010) dizem que essa é uma temática pouca abordada nos livros didáticos de Ciência e quando abordada é feita de forma superficial e descontextualizada. Dessa forma, pouco ou nada contribuí para que os estudantes possam fazer conexões com sua vida diária e, tampouco, a possibilidade de compreensão dos tratamentos das doenças.

Passado mais da metade de nossas aulas da PAPD, foi fácil perceber que os alunos não se sentem acanhados em participar. Alguns contribuem mais e outros menos, mas certos assuntos provocam mais manifestações como a fala do aluno 17 da turma X.

X17 - “O mais difícil em encarar o câncer não é no seu tratamento, mas como as pessoas te enxergam [...] as pessoas te apontam na rua como uma pessoa doente. ‘Olha aquela ali não tem cabelo’ [...].”

Além das questões ligadas ao preconceito citado pelo aluno, outros aspectos foram levantados e possibilitaram compreender algumas problemáticas envolvidas no investimento das pesquisas. Destacamos as principais discussões levantadas em sala de aula referentes aos tratamentos, aos diagnósticos e aos exames médicos. Incluímos abaixo de cada item uma fala de alunos captada pelo áudio das gravações das aulas. Como não temos condições de identificar que aluno ou aluna proferiu a fala, colocamos um ponto de interrogação após o X e o Y¹⁰. As falas mostram opiniões dos alunos sobre os itens da discussão.

¹⁰ Nas gravações em áudio não nos foi possível identificar que aluno ou aluna estava se manifestando. Por isso, resolvemos colocar ao longo do texto um ponto de interrogação após as letras X e Y, quando julgamos que a fala de um determinado participante ajudaria nas discussões dos resultados, mesmo que não tenha sido possível identificar quem a proferiu.

- Discussão dos preços dos tratamentos e dos exames médicos;
X? - “*O exame de ressonância magnética é muito caro.*”
- A disponibilidade dessa tecnologia para a sociedade;
Y?- “*As pessoas que são pobres muitas vezes não tem acesso aos exames e tratamentos médicos.*”
- O investimento financeiro referente às tecnologias médicas;
X?- “*Os principais investimentos estão concentrados em tratamentos médicos que geram dinheiro [...] as células troncos para a geração de membros dos corpos [...] quem terá acesso a seus membros serão pessoas que têm dinheiro.*”
- O investimento nas pesquisas científicas relacionadas a novas descobertas (principalmente no tratamento do câncer);
X?- “*É verdade que não é interesse por parte do governo em investir na cura do câncer?*” (*X2?*) [...] *muito dinheiro são gastos com compras de remédios.*”
- O impacto do desenvolvimento dessas tecnologias para a sociedade;
Y?- “*Ir ao médico e fazer exames tornou-se rotineiro. Faz parte do dia a dia das pessoas [...] a minha vó vai praticamente todos os dias ao médico. Um dia é dor na coluna, no outro nas pernas...*”
- O aperfeiçoamento dos profissionais que trabalham com essas tecnologias;
Y?- “*Os profissionais dos raios X deveriam estar mais preparado para atender a população.*”
- A falta de informação nos tratamentos médicos;
X?- “*Muitos tratamentos são feitos e nem sabemos como se dará esse processo no nosso corpo.*”
- Os mitos propagados pela sociedade;
X?- “*Muitas pessoas falam que o câncer é uma doença incurável.*”
- O uso de substâncias que não contêm o registro da ANVISA (o exemplo mais atua, a fosfoetanolamina).
X? - “*Professora, e a pílula da cura do câncer funciona mesmo? Por que nossa Presidente não liberou o seu uso?*”

Observamos que a discussão envolvendo a aplicação da radiação ionizante na medicina proporcionou que os alunos inter-relacionassem aspectos do desenvolvimento

científico-tecnológico e a sociedade. Além de compreenderem os conteúdos científicos, esses alunos conseguiram perceber questões que envolvem a temática e relacioná-las a suas vidas.

Consideramos que esse material e as discussões feitas em sala de aula são condizentes com os propósitos da educação voltada para a formação da cidadania. Assim, podemos dizer que as atividades e as discussões realizadas nesse subitem criaram condições que contribuíram para integrar os conhecimentos científicos às questões sociais, tecnológicas, ambientais, políticas, econômicas, entre outras. Assim, o desenvolvimento da temática radiação eletromagnética e radioatividade articulada ao ensino CTS oportunizou discussões e reflexões críticas acerca de algumas questões que envolvem a CT, do reconhecimento de problemas sociais e ambientais, além das influências políticas e econômicas associados.

Apesar do nosso material não trazer discussões referente aos acidentes radioativos e as bombas nucleares, alguns de nossos alunos tiveram interesse em falar sobre essa temática. Dedicamos pouco tempo para explicar as causas dos acidentes, como poderiam ser evitados, quais as consequências para sociedade e os mitos criados pelo excesso de divulgações tendenciosa. Consideramos necessário mostra a importância de se estudar conceitos da Ciência sobre radiação para minimizar os danos que causam a falta de informações e o conhecimento insuficiente das pessoas ao se depararem com notícias elaboradas sem critérios éticos.

Os conhecimentos sobre radiação e seus efeitos me permitiram realizar abordagem CTS, uma vez que reúnem aspectos positivos, negativos, social e ambientalmente impactantes sobre o desenvolvimento científico-tecnológico. Há ao nosso ver necessidade de ponderar, de ampliar as possibilidades de argumentos, sejam eles prós ou contrários. Afinal:

[...] o cidadão comum precisa saber das implicações que tem o desenvolvimento tecnológico nas mudanças geradas na nossa forma de vida. Precisam desmistificar, no seu cotidiano, a ‘pseudo-autoridade’ científico-tecnológica de alguns iluminados que por terem tido acesso a uma educação mais apurada, por questão também de oportunidade e não apenas de competência, decidem os destinos de todos os que, como eles, fazem parte de uma sociedade. O homem comum, o usuário, deve também saber se é preciso desenvolver ou adotar todas as tecnologias modernas — antes de apenas moldar-se a elas — dominadas por outros países mais avançados, dentro de um contexto tão diferenciado. Ele precisa inferir se as necessidades de um povo só serão alcançadas com tecnologias de ponta ou, ainda, se o desenvolvimento tecnológico implica, necessariamente, desenvolvimento humano. (BAZZO, 1998, p.115)

Diante disso, podemos considerar que as atividades e os materiais contribuíram para que questões relevantes relativas à CT fossem discutidas.

No próximo item apresentaremos e discutiremos os dados coletados com relação aos conteúdos de Ciências associados à temática explorada durante a aplicação da PAPD.

3.5. CONTEÚDOS DE CIÊNCIAS

Neste item, vamos avaliar os conteúdos de Ciências¹¹ desenvolvidos durante a aplicação da PAPD. Os principais conceitos abordados nas atividades foram: ondas eletromagnéticas *versus* ondas mecânicas; comprimento de onda; radiação ionizante *versus* não ionizante; propriedades/características das radiações; radiação ultravioleta; raios X; radioisótopos; radioatividade; partículas alfa, beta e radiação gama e meia-vida.

Após a primeira aula da proposição, cujos os principais aspectos discutidos podem ser vistos no Apêndice 1, foi solicitado na atividade para casa 1 (Apêndice 1, p. 16) que os alunos descrevessem o que entendiam por uma onda eletromagnética. Os dados da tabela 6 mostram agrupamento de palavras ou trechos que aparecem nas respostas dos alunos e que destacamos juntamente com o percentual em que elas se repetem. O total de alunos que fizeram a atividade 1 foi 23 da TX e 24 da TY.

Tabela 6 - Respostas dos alunos sobre o que é uma onda eletromagnética.

| | <i>Transporte de energia</i> | <i>Propaga-se no vácuo</i> | <i>Constituídas de ondas elétricas e magnéticas</i> | <i>Características: Comprimento de onda e frequência</i> | <i>Exemplos</i> | <i>Sem sentido</i> |
|----|------------------------------|----------------------------|---|--|-----------------|--------------------|
| TX | 10 | 12 | 13 | 4 | 5 | 0 |
| TY | 4 | 10 | 9 | 7 | 4 | 1 |

Podemos observar pela tabela 6 que o conhecimento da maioria dos alunos (23 alunos da turma TX e 23 alunos da TY) trouxe aspectos que se aproximam da compreensão das Ciências. O elevado número de acertos, no entanto, pode não refletir a compreensão dos estudantes, afinal essa foi uma tarefa de casa. Alguns podem ter pesquisado, “copiado e

¹¹ Optamos por denominar conteúdos de Ciências, mesmo se tratando de Ensino Médio, pois alguns dos conceitos são objetos de estudo da Física, Química e Biologia.

colado” a resposta, como foi o caso de Y4, cujo texto pôde ser facilmente identificado em um sítio educacional.

Y4 - “São pulsos energéticos que se propagam no espaço transportando energia. Podem ser de dois tipos: ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas.”

A resposta de Y4 traz, na realidade, a definição de onda, não necessariamente distinguindo as mecânicas das eletromagnéticas. No entanto, quando solicitamos que os dois tipos fossem diferenciados o aluno “respondeu” de forma correta. Consideramos como correta a resposta, pois o fato dele e de outros estudantes terem ido pesquisar pode ser considerado como um momento de dedicação e estudo. Se este esforço se traduz em aprendizado, podemos analisar ao longo do desenvolvimento do processo.

Y4 - “ondas eletromagnéticas são ondas que podem se propagar em qualquer meio material. Ondas mecânicas são ondas que precisam necessariamente de um meio material para se propagar, tem que existir matéria.”

Assim como o aluno Y4, outros alunos (22 alunos de TX de um total de 23 e 17 alunos de TY do total 24) conseguiram diferenciar onda eletromagnética de mecânica e percebemos que muitos consultaram o material didático que compartilhamos por um e-mail coletivo, criado para mantermos contato.

Exploramos ainda as principais propriedades e características das ondas eletromagnéticas na Atividade 1 (Apêndice 1, p. 14) e na prova bimestral. Na primeira atividade, dividimos a turma em grupos de 3 alunos (8 grupos na TX e 10 grupos na TY) e eles deveriam completar um quadro, colando fichas que lhes foram entregues, as quais continham as principais características específicas para diferentes radiações eletromagnéticas. Observamos que 62,5% dos alunos da turma TX e 67,0% da TY conseguiram preencher o quadro de forma satisfatória. Apesar disso, destacamos que a principal dificuldade dos alunos se concentrou na correlação das propriedades da radiação ultravioleta e radiação gama. Ressaltamos que ainda não havíamos discutido com as turmas as principais aplicações das radiações eletromagnéticas, portanto, é compreensível essa dificuldade.

Em nossas primeiras cinco aulas, discutimos cada uma das diferentes radiações eletromagnéticas ionizantes e não ionizantes e abordamos aplicações práticas o mais próximo da realidade dos alunos. Para Emerich (2010), utilizar os conhecimentos cotidianos dos alunos é de extrema importância, pois o conhecimento prévio acerca de determinados fenômenos pode proporcionar conexões com o que já se sabe, passando a ser significativo para aluno.

O conceito comprimento de onda foi discutido em quase todas as nossas aulas e cobrado de diferentes maneiras em quatro atividades e na prova bimestral. Na avaliação bimestral, relacionamos o comprimento de onda à intensidade da penetração da radiação no organismo e houve expressivo número de acertos nas duas turmas (74,2% na TX e 61,1% na TY). Na mesma avaliação, que ocorreu quatro semanas após a primeira aula, os resultados em torno das propriedades das radiações também foram satisfatórios, sendo quase iguais para ambas as turmas, 94% dos alunos da TX e 92% da TY. Ressaltamos que todos os alunos fizeram a prova bimestral.

Nas atividades 1, 2, 3 e 5 (Apêndice 1, p. 14, 24, 32 e 44), trabalhamos com os alunos transformação de unidade de comprimentos de onda. Disponibilizamos os valores do comprimento numa determinada unidade e solicitamos que fossem feitas transformações das unidades. Na primeira atividade, o comprimento de onda foi dado em centímetros, nanômetros e Angstroms e pediu-se para transformar a unidade para metros. Já as atividades 2, 3 e 5 (Apêndice 1, pp. 24, 32 e 44), a unidade foi dada na sala em metros e pedimos para transformarem em nanômetros. Abaixo a tabela 7 mostra o quantitativo de acertos:

Tabela 7 - Quantitativo de acertos e erros de transformação de unidade.

| Unidades | Atividade 1 | | | Atividade 2 | Atividade 3 | Atividade 5 |
|----------|-------------|--------|-------|-------------|-------------|-------------|
| | cm → m | nm → m | Å → m | m → nm | | |
| TX (%) | 100 | 87,5 | 87,5 | 17 | 11 | 0 |
| TY (%) | 100 | 100 | 100 | 21 | 65 | 23 |

Observamos que na primeira atividade de transformação de unidades, os alunos apresentaram ótimos resultados na realização do exercício. Esse trabalho foi feito em grupo e ao perceber que muitos alunos apresentavam dificuldade em compreender o que era comprimento de onda em metros (m) e como transformá-lo, passei em cada agrupamento e retomei as explicações, ajudando-os a efetuarem os cálculos. Devido nossa percepção com relação à dificuldade dos alunos, refiz o plano da segunda aula para iniciá-la justamente explicando passo a passo como se realiza uma transformação de unidades de medida. Apesar disso, observa-se na tabela 7 que a maioria dos alunos não conseguiu transformar corretamente a unidade de metros em nanômetros em atividades seguintes, com exceção da TY na atividade 3. Apenas 1 aluno da TX não fez a atividade 1. Ainda, na TX, 24 alunos

completaram o item 27 da atividade 2, 27 estudantes fizeram a questão 30 na atividade 3 e o item 4 da atividade 5. Já na TY, 14 estudantes fizeram a atividade 2, 17 a atividade 3 e 27 a atividade 5.

Ao pesquisar na internet e nos livros de Física, observamos que nesses materiais as unidades de comprimento de onda são explicitadas preferencialmente em metros e não mostravam a sua transformação para outras unidades. Além disso, outros materiais didáticos utilizam várias unidades para um mesmo espectro eletromagnético, por exemplo: as unidades de ondas de rádio e micro-ondas são dadas em centímetros, já de infravermelho, visível e ultravioleta em nanômetros e os raios X e os raios gama em Angstrom. Ainda, esses materiais não traziam a relação dessas medidas e nem explicavam a razão de utilizarem diferentes unidades.

Acreditamos que os autores de livros didáticos para o ensino médio pressupõem que os alunos já tenham desenvolvido a habilidade de transformar unidades de grandeza. Isso justifica a falta de exemplos e exercícios sobre transformação de unidades constantes nesse material didático. Como não consta nos livros, é provável que muitos professores também considerem que não devem retomar esses cálculos, por suporem matéria de anos anteriores ou mesmo de outras disciplinas. Desconsiderar que os alunos não dominam esses cálculos ou mesmo considerar que a retomada deles não está dentro das habilidades a serem desenvolvidas no escopo da disciplina, aprofundam a deficiência apresentada pelos alunos e comprometem os conteúdos associados.

Fernandes (2012, p. 37) enfatiza essa superficialidade no conteúdo: “Os livros didáticos de Física não têm privilegiado esses assuntos e fazem apenas simples apresentações, na grande maioria, do Sistema Internacional de Unidades”. Além disso, observamos que a maior dificuldade quando relacionamos a Química com a Matemática está propriamente no desenvolvimento do raciocínio lógico. Pesquisadores apontam essa dificuldade em diversos conteúdos da Química que necessitam de desenvolvimento matemático.

Silva, Lopes e Rubem (2014) destacou em seu trabalho que a maior dificuldade em ensinar concentração de soluções está centrada nos cálculos da matemática. Gomes e Macedo (2007) também enfatizaram em sua pesquisa que o “maior entrave” para os alunos resolverem questões de estequiometria está no desenvolvimento matemático. Ainda, Veronez e Recena (2007) apontaram a dificuldade nos cálculos de proporções requeridos para a resolução de problemas envolvendo leis ponderais.

Apesar de ter dado alguns exemplos e exercícios em sala de aula, não conseguimos fazer com que a maioria dos alunos compreendesse bem as unidades de medidas e sua conversão. Creio que isso poderia melhorar se houvesse um trabalho coletivo dos professores cujas disciplinas prescindem de transformações de unidade e percebem essa mesma dificuldade. O ideal é ensinar a transformar unidades de grandezas comuns ao cotidiano dos alunos, como massa, comprimento, área, volume etc. Isso pode ser feito em cada matéria pelo professor regente ou mesmo em minicursos, planejados e ministrado pelo coletivo de professores. Assim como Veronez e Recena (2007), acreditamos que o ensino de transformação de unidades deve fazer sentido para o aluno e não apenas seja voltado para uma sequência de regras e métodos memorísticos.

Durante nossas primeiras cinco aulas, fizemos três experimentos relacionados a equipamentos conhecidos pelos alunos, como o micro-ondas, controle remoto de TV e luz negra (ultravioleta), seguindo os passos de uma atividade demonstrativa-investigativa explicada por Silva, Machado e Tunes (2010). Todas podem ser encontradas no Apêndice 1, pp. 22, 28, 31 e 35. Questionamos o que os alunos sabiam sobre o funcionamento desses dispositivos, discutimos as radiações micro-ondas, infravermelho e ultravioleta e apontamos alguns aspectos históricos. Compartilhamos ideias sobre as mudanças de hábitos na vida das pessoas com o desenvolvimento de tais tecnologias e falamos sobre os cuidados e precauções necessárias para o melhor uso de tais equipamentos.

Os alunos demonstraram grande entusiasmo na atividade com o micro-ondas. Eles colocaram suas dúvidas, inclusive referente a mitos propagados pela sociedade sobre esse eletrodoméstico tão comum em muitos lares. Na atividade experimental (Apêndice 1, p. 22), procuramos explicar o funcionamento do equipamento, descrevendo o magnetron e as outras partes importantes. Falamos sobre a produção, a distribuição da radiação e a interação das micro-ondas com os alimentos.

Para explorar a interação da radiação com os alimentos, colocamos a mesma quantidade de dois líquidos incolores e visualmente idênticos em dois frascos iguais e os levamos ao micro-ondas por um minuto. Ao retiramos os frascos, um deles estava aquecido enquanto o outro permanecia praticamente com a mesma temperatura, fato que os alunos puderam verificar tocando os frascos. Eu perguntei como eles explicavam o fenômeno. Os alunos logo questionaram se ambos eram idênticos. Depois de algum tempo ouvindo as tentativas de explicar a diferença de aquecimento, acabei informando que se tratava de água e

de óleo mineral e pedi novamente que eles explicassem porque o frasco contendo água aqueceu e do óleo não.

X? - “O óleo aqueceu porque é mais viscoso que a água”

Y? - “A água ferve mais rápido.”

Y? - “Porque as moléculas de água têm mais facilidade de se aquecerem

Professora – “Por que as moléculas de água tem mais facilidade de se aqueceram?”

Y? – “Porque a água tem uma densidade menor que a do óleo.”

Percebe-se pelas respostas que os alunos tiveram dificuldade para apresentar uma explicação. Então, expus para os alunos as fórmulas estruturais para as moléculas das substâncias água e óleo. Passamos a discutir suas diferenças em termos de tamanho, massa, composição e polaridade. Chegamos a apresentar uma explicação para interação diferenciada da água e do óleo mineral com as micro-ondas e com os diferentes alimentos. Após essa etapa, solicitamos que os estudantes colocassem no papel o que eles tinham entendido sobre a diferença no aquecimento, dos dois líquidos e obtivemos respostas como:

X7 – “A água possui molécula pequena que ao entrar em contato com as micro-ondas o que faz com que a água aqueça facilmente. O óleo possui uma molécula maior que da água o que faz com que dificulte o aquecimento com as micro-ondas.”

Y18 – “A água sendo o líquido 1 se aqueceu por ser polar já o líquido 2 o óleo, por ser apolar não se aqueceu.”

X3 – A água aquece mais rápido pois sua polaridade é maior e suas moléculas é menor, já o óleo não aquece pois sua polaridade é menor.”

Y16 – “A água a molécula é polar e pequena já o óleo a molécula é apolar e muito grande.”

X12 – “As moléculas de água se movimentam mais rápido que as moléculas de óleo, e essa movimentação gera o aquecimento.”

Y36 – “Porque as moléculas da água se movem mais rápido que as moléculas de óleo, fazendo com que ela esquenta mais rápido.”

Respostas semelhantes as proferidas pelos alunos X3 e Y16 ficaram em torno de 41% na turma TX (em um total de 27 alunos) e 62% em TY (em um total de 29 alunos). Pode-se perceber que nenhuma das respostas é completa o suficiente, mas X7 relaciona a interação entre as micro-ondas com as moléculas, diferenciando ambas pelo tamanho, mas esquecendo da diferença de polaridade. Nas respostas de X3 e Y16, os alunos não falam da interação das

moléculas de água e óleo com a radiação, mas citam as diferenças no tamanho e polaridade para explicar o aquecimento distinto dos frascos. Ainda, 44% da TY e 34% da TY citaram o tamanho da molécula ou somente a polaridade, tal como os alunos X7 e Y8. Nas respostas de X12 e Y36, aparece a palavra “se movem”, como podemos observar acima, o que não necessariamente corresponde a rotação realizada pelas moléculas em função da interação com as micro-ondas.

Percebe-se uma mudança nas respostas, se comparadas com o que os alunos responderam logo no início da atividade. Os alunos associaram a interação do micro-ondas à questão da viscosidade e a temperatura de ebulição. Um aluno da TY até se aproximou da resposta, porém a justificativa relacionada a densidade da molécula estava equivocada, pois além da água ter densidade maior do que a do óleo, esse conceito não se aplica ao fenômeno.

Na questão 3 fomos mais diretas e perguntamos como ocorre a interação da radiação micro-ondas com a molécula de água. Abaixo encontram-se respostas de alguns alunos:

X1 – “A molécula de água tende acompanhar a radiação do micro-ondas, assim ela fica girando e aquece.”

Y35 – “... as ondas fazem com que as moléculas de água rotacionem fazendo com que gere energia em forma de calor.”

X30 – “A molécula de água tende a acompanhar a radiação de micro-ondas.”

Y20- “A molécula de água que é polar vai se movendo tentando acompanhar a radiação.”

Nessa atividade, esperávamos que os alunos conseguissem explicar o aquecimento da água devido a interação da radiação micro-ondas com as moléculas da substância, em função de suas características de tamanho e polaridade, que provoca rotação das moléculas que horas se alinham ao campo magnético e horas desalinham-se. Observamos que apenas 27% (de 30 alunos) em TX e 38% (de 26 alunos) em TY foram capazes de elaborar respostas mais completa. As respostas de X30 e Y20 aproximam-se da maioria da turma (67% da TX e 42% da TY). Esses alunos não falaram em rotação da molécula, mas utilizaram a palavra “acompanham” na tentativa de descrever a interação da molécula da água com o micro-ondas. Apesar da resposta não representar a esperada, consideramos houve um avanço no entendimento do fenômeno.

É importante, portanto, que o professor tenha claro que o ensino de Ciências Naturais não se resume na apresentação de definições científicas, como em muitos livros didáticos, em geral fora do alcance da compreensão dos alunos. Definições são o ponto de chegada do processo de ensino, aquilo que se

pretende que o estudante compreenda e sistematize, ao longo ou ao final de suas investigações. (BRASIL, 1998, p. 28)

Nas respostas de alguns alunos, mesmo que a explicação microscópica do fenômeno ainda não seja a mais alinhada com a Ciência, consideramos que se encontram em processo, pois já identificam aspectos importante e avançaram o que sabiam antes do experimento.

A segunda atividade experimental foi explorar o uso da radiação infravermelha nos controles remotos das televisões. Quando usamos um controle para mudar canal ou aumentar o volume da TV, não costumamos ver a emissão de feixes de luz. No entanto, se utilizamos a câmera de uma máquina fotográfica ou mesmo de um celular conseguimos perceber que ao apertarmos uma das teclas do controle remoto aparece uma luz, não detectada por nossos olhos. Trata-se da radiação infravermelho.

Quando perguntamos aos alunos porque só enxergamos o feixe de luz por meio da câmera, não obtivemos respostas coerentes em ambas as turmas. Muitos disseram tratar-se de mágica. Muitos tentaram explicar associando à eficiência das câmaras fotográficas de celulares ou mesmo as câmaras dos computadores, mas quando foram confrontados, não souberam explicar porque os computadores são sensíveis às radiações infravermelha e os olhos humanos não. Para explorarmos o fenômeno, usamos um texto intitulado “O que os controles remotos têm a ver com radiação eletromagnética?” (Apêndice 1, p. 28). Ao final da leitura e discussão do texto, entregamos a atividade na qual constava duas perguntas. A primeira questão fazia referência a explicação do experimento apresentado em sala de aula e abaixo colocamos algumas respostas dos alunos.

X6 – “Porque nossa retina capta apenas radiações na faixa de 400 nm a 700 nm. Já o sensor da máquina fotográfica capta na faixa de infravermelho curto, perto do visível.”

Y34 – “As câmeras possuem sensores que detectam está radiação, já nossos olhos só captam radiações de 400 a 700 nm.”

X20 – “por conta do código binário.”

Y28 – “Porque nossos olhos não são capazes de ver movimentos muito rápido, já as filmadoras e as câmeras são mais sensíveis.”

Assim como X6 e Y34, notamos que 83% (de um total de 18 alunos) de TX e 75% (de um total de 24 alunos) de TY deram respostas próximas a explicação relatada no texto. Consideramos a resposta do aluno X20 errada, apesar do mesmo citar o código binário, não inseriu a explicação sobre o processo de decodificação dos pulsos de luz emitidos pelo

controle e recebidos no microprocessador posicionado na frente do aparelho de televisão. Já a resposta de Y28 relaciona a incapacidade de enxergarmos com a velocidade da luz, como se essa grandeza fosse o que diferencia cada radiação.

Na mesma atividade, exploramos outra questão para identificar se os alunos seriam capazes de diferenciar o infravermelho curto do infravermelho longo, por meio da pergunta: “Se você mirar o controle remoto da TV e ficar apertando uma tecla qualquer, a luz infravermelha emitida pelo controle seria capaz de queimar a sua pele? Por quê?”

Muitos dos alunos deixaram a resposta em branco ou responderam de forma equivocadas, como os alunos X28 e Y17:

X28 – *“sim por conta do infravermelho pode causar queimadura.”*

Y17 – *“Não, pois o infravermelho não tem energia suficiente.”*

Acreditamos que a falta de respostas a essa questão esteja relacionada com a não exploração conceitual do que denominamos radiação infravermelho longa e curta. Reconhecemos que na discussão sobre essa radiação não explicamos a diferença do IV curto e IV longo. Dessa forma, os alunos leram a respeito disso no final do texto mencionado. Temos consciência da importância desses conceitos para a compreensão da aplicação desse conhecimento na vida diária e, por isso, quando tivermos a oportunidade de reaplicar essa proposição iremos explorar mais detalhadamente as duas faixas de radiação infravermelho.

Outro experimento realizado foi utilizando um CD como meio para que fosse observado o fenômeno de dispersão cromática de feixes de luz branca nas cores do arco-íris. Iniciamos a atividade solicitando aos alunos que desenhassem o que acontecia quando incidimos um feixe de luz sobre um CD. Abaixo as respostas de alguns alunos:

X35 – *“A luz branca incide no CD, que por sua vez absorve e refletiu/refratou a luz.”*

X21 – *“A luz branca é um espectro formado por todas as cores que quando colocada no CD reflete as cores do arco íris.”*

Y3 – *“A luz branca se converteu em sete cores.”*

Y34 – *“Ocorreu que quando a luz reflete no CD, rapidamente ocorreu o fenômeno chamada de luz visível, uma radiação visível a olho nu.”*

Assim como as respostas acima, outros alunos descreveram fenômenos físicos como: reflexão, refração, absorção, espalhamento, o que não torna a questão errada, entretanto, a explicação da decomposição das cores ocorre por causa do fenômeno de dispersão.

A tabela 8 mostra o desenvolvimento dos alunos:

Tabela 8 - *Quantitativo de acertos referente ao conceito de dispersão.*

| <i>Atividade de casa 2</i> | | | |
|----------------------------|-----------------|-------------------|--|
| | Completo | Incompleto | Total de alunos que responderam |
| <i>TX (%)</i> | 8 | 44 | 24 |
| <i>TY (%)</i> | 0 | 81 | 14 |

Citamos os fenômenos físicos na primeira aula, porém apenas exemplificamos. A atividade de casa 2 ocorreu na aula seguinte. Como percebemos que esses alunos não associaram o fenômeno ao conceito dispersão, fizemos intervenções e voltamos a explicá-lo. Na terceira aula, utilizamos um prisma, um espectrômetro e um óculos (que fazia a decomposição das cores). Abaixo expomos algumas respostas dos alunos sobre a formação dos arco-íris:

X5 – “É um fenômeno óptico que se forma em razão da separação das cores que formam a luz solar. Esse acontecimento ocorre em razão da dispersão da luz.”

X9 – “A água funciona como um prisma que ao receber a luz solar reflete as cores e forma o arco-íris.”

Y3 – “A luz branca bate numa gota de água e se transforma nas sete cores, pois a água foi como um prisma.”

Após corrigir as atividades percebemos uma melhora nas respostas dos alunos e vimos quão importante foi explorarmos novamente o conceito na aula 3, para que muitos alunos compreendessem o fenômeno e integrassem o conceito. Alguns alunos como o X9 e o Y3 não se apropriaram da palavra dispersão, mas conseguiram compreender como aconteceu o fenômeno. Assim como os alunos X5 e X9, observamos que 50% dos alunos da TX e 33% dos alunos da TY conseguiram descrever o fenômeno associando com o conceito correto, ou seja, houve uma apropriação da linguagem científica.

A linguagem científica tem características próprias que a distinguem da linguagem comum [...]. Essas características, muitas vezes, tornam a linguagem científica estranha e difícil para os alunos. Reconhecer essas diferenças implica em admitir que a aprendizagem da ciência é inseparável da aprendizagem da linguagem científica. (MORTIMER; CHAGAS; ALVARENGA, 1998, p.8)

Ressaltamos que a retomada de um determinado conceito em sala de aula foi algo que impactou nosso cronograma. Isso nos fez refletir sobre a necessidade de redimensionar

constantemente o planejamento de aula, abrindo espaços para retomadas, revisões, avaliações, a despeito do programado. Apesar de parecer óbvio nas atividades rotineiras de um professor, fazer retomadas não é algo que estamos sempre disponíveis a negociar, acredito que pela cobrança de termos que cumprir um grande quantitativo de conteúdos durante o ano letivo.

Vivi um grande dilema em sala de aula com relação a acomodar o que o currículo estabelece e, é cobrado pela escola, no tempo do semestre letivo. Cheguei a pensar que seria inexperiência minha, visto que tenho pouco tempo como professora, mas vejo preocupação semelhante a esse respeito em colegas mais antigos na profissão. Então, um dos ganhos trazidos pelo mestrado foi pensar o quão minha prática em sala de aula é afetada por essas cobranças, sejam elas da administração, dos alunos ou dos pais. Além disso, pude perceber que, por mais preparada que esteja e por mais vontade de aprender que meus alunos tenham, dificilmente alcançaremos sucesso com todo os conteúdos previstos no currículo.

No quarto experimento realizado de forma demonstrativa-investigativa (Apêndice 1, p. 35), utilizamos presilhas de cabelo e contas que mudam de cor quando expostas à radiação ultravioleta. Para essa atividade usamos protetor solar para discutir a eficácia desses produtos no processo de interação da radiação UV com a pele. Alguns alunos disseram que a eficácia do protetor dependia da quantidade utilizada, do tempo de exposição e do tipo de pele. Consideramos que esses alunos traziam consigo informações divulgadas constantemente por diversos vetores de comunicação.

Ao incidir radiação ultravioleta (luz negra) sobre as presilhas de cabelo e as contas os mesmos mudaram de cor. Passamos protetor solar em um dos lados dos objetos e colocamos os objetos em baixo da luz negra e observamos que não houve mudança de cor. Curiosamente, uma aluna perguntou se ao invés de utilizarmos protetor solar, aplicarmos creme hidratante se aconteceria o mesmo efeito. Então, perguntei a opinião da turma e eles ficaram divididos se mudaria ou não a cor dos objetos. Uma aluna da turma Y, onde ocorreu essa situação, emprestou um creme que tinha em sua bolsa e passamos sob os objetos e os mesmos mudaram a sua coloração.

Um aluno ainda me perguntou: “Professora, essa luz negra também é utilizada para diferenciar cédulas de dinheiro falso? ”. Aproveitando essa pergunta, pedi para aos alunos uma cédula e ao incidi a radiação UV, observamos por meio da luz negra a marca d’água existente na nota. Ainda incidimos a luz negra sob a carteira de motorista, o registro de identidade e identificamos logomarcas que não são possíveis visualizar a olho nu. Por meio

das discussões em torno da aplicação da radiação UV que essa atividade experimental proporcionou, enfatizamos que a maioria dos alunos participou e a aula foi bastante elogiada.

Após a experimentação, entregamos um texto (Apêndice 1, p. 37) para os alunos com o objetivo de aprofundar os conhecimentos sobre a radiação UV. Abordamos nele a interação dessa radiação com a pele, a influência das condições geográficas na absorção da UV, o uso e a eficácia dos protetores solares, a diferença dos protetores físicos e químicos e as consequências da destruição da camada de ozônio. Ao final da leitura, os alunos tiveram que responder algumas questões relacionadas ao texto e ao experimento de sala. A oitava questão foi referente ao experimento realizado na sala, e foi solicitado que os alunos citassem uma evidência da eficácia dos protetores solares. A seguir algumas respostas representativas:

X26 – “Sim eles funcionam. Foram passados cremes de pele normal em um determinado objeto e protetor solar em outro objeto, o que estava com protetor tornou-se imune aos raios solares e o que estava com creme ficou exposto a luz do sol como se nada tivesse passado.”

Y11 – “Quando passa luz ultravioleta as peças brancas ficaram roxas, colocamos o protetor solar nas peças brancas e colocamos a luz ultravioleta e não houve nenhuma alteração, ou seja, o protetor solar funciona mesmo.”

Assim como as respostas de X26 e Y11, contabilizamos a quantidade de alunos que acertaram a essa questão: 87% de 24 alunos da TX e 72% de 18 alunos da TY.

Nessa mesma atividade, exploramos a produção da vitamina D, a função/destruição da camada de ozônio e a diferença entre os protetores físicos e químicos. Como foi mencionado antes, essa aula proporcionou discutir aspectos ambientais, sociais e também curiosidades dos alunos, sanar algumas dúvidas e abordar conhecimentos da Ciência. Abaixo alguns trechos mencionados pelos alunos durante a aula:

X35 – “O albino não produz vitamina D?”

X12 – “Os protetores solares não são eficazes para os albinos já que eles não possuem melanina?”

Y? – O que é FPS?”

Y? – “Por que não devemos utilizar óculos da feira?”

X? – “A incidência de UV é maior por causa do buraco na camada de ozônio?”

X? - “Se ficarmos mais tempo no sol vamos produzir mais vitamina D?”

Y? – “Como sabemos se um protetor solar é físico ou químico?”

Y? – Como é produzido a vitamina D?”

Pela quantidade de perguntas referente às questões relacionadas à radiação Ultravioleta, percebe-se uma confusão de ideias, dúvidas sobre os conceitos da Física, Química e Biologia associadas a explicação de alguns fenômenos. Porém, essas dúvidas são pertinentes na construção de conhecimentos, pois “as interações discursivas são consideradas como constituintes do processo de construção de significados” (MORTIMER; SCOTT, 2002).

Após a exploração do experimento, discutimos com os alunos pontos dos textos e esclarecemos as dúvidas levantadas durante o experimento e em respostas as perguntas destacadas acima. A seguir, apresentamos as respostas de alguns alunos referente a atividade.

- Vitamina D

Y30 – “é recomendável que estejamos expostos ao sol diariamente por períodos de 10 a 15 minutos.”

Y3 – “Países mais frios, as pessoas tendem a ter mais deficiência em vitamina D, pois não são expostas ao sol. A quantidade de exposição do solar não é igual para todos os tipos de pele, pessoas com cor de pele mais escuras precisam de mais exposição para dar início a produção da vitamina D do que as peles mais claras.”

- Diferença dos protetores físicos e químicos

X9 – “Os filtros físicos atuam como uma barreira refletindo os raios UV, já os filtros químicos são compostos orgânicos que absorvem a radiação UV.”

- Camada de ozônio

X13- “A função da camada de ozônio é proteger. Com a ausência ou diminuição da camada, a terra sofreria grandes mudanças na distribuição térmica e na circulação de atmosfera.”

Y3 – “A alta poluição na Terra contribui para a destruição da camada de ozônio.”

X29- “O dióxido de carbono, além da diminuição da camada, apresenta mudanças na distribuição térmica e na circulação da atmosfera.”

Pode-se observar pela resposta do aluno X13, que ele compreendeu a função da camada de ozônio. Além desse aluno, outros 96% de 25 alunos da TX e 95% de 22 alunos da TY responderam corretamente.

O aluno Y3 relacionou a destruição da camada de ozônio com a poluição gerada pelos humanos. Assim como esse aluno, 67% de 24 alunos da TX e 74% de 19 alunos da TY cometeram o mesmo erro. Provavelmente, os alunos confundiram os problemas ocorridos

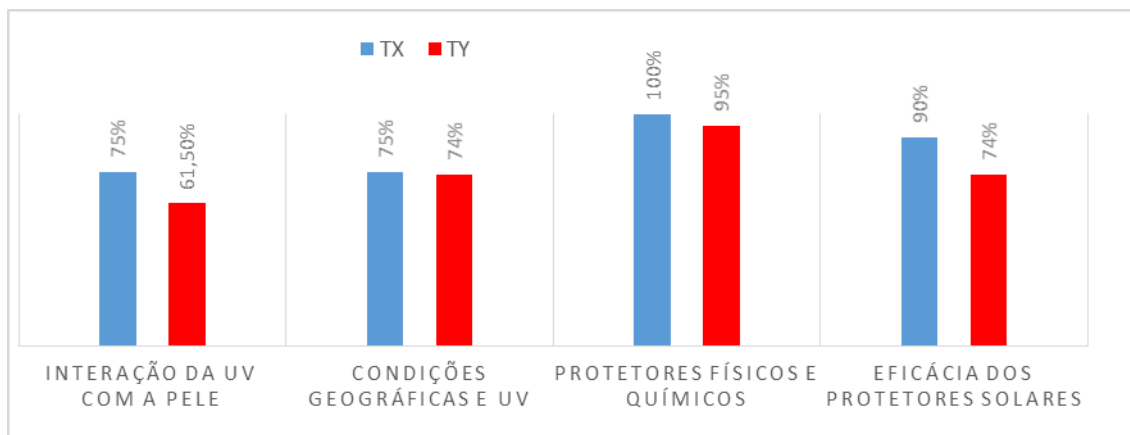
com a camada de ozônio e com o aquecimento global, já que o grande responsável pelo primeiro fenômeno são os clorofluorcarbonos (CFCs) e o segundo fenômeno está relacionado com a poluição atmosférica, devido ao aumento de outros gases (como CO₂, CH₄ entre outros) ou materiais sólidos em suspensão (SANTOS; MÓL, 2010).

Discutindo os resultados dessa atividade, percebi que o percentual de alunos que se equivocou foi elevado e creio que faltou uma intervenção de minha parte, visto que essa é uma confusão conceitual bem comum como mostra a dissertação de França (2002). Em seu trabalho, a pesquisadora investigou em Portugal o que sabiam os alunos de vários níveis de ensino acerca dos fenômenos ocorridos com a camada de ozônio e o aquecimento global. Os resultados mostraram que a maioria deles não conseguia diferenciar os gases que agravaram o efeito estufa e os que provocavam a degradação da camada de ozônio.

Essa parte do trabalho nos serviu de alerta, pois como essas são temáticas tão comumente faladas nas três séries do nível médio, achamos que já faziam parte do conhecimento dos alunos, quando na realidade até nós falhamos, deixando passar os equívocos. Precisamos estar atentas e oportunizar cuidadosamente o diálogo em sala de aula, pois a partir da exposição de ideais prévios pelos alunos, podemos perceber equívoco na explicação dos fenômenos, dos conceitos e acompanhar melhor a aprendizagem (SILVA; MELO; JÓFILI, 2011).

Contabilizamos o quantitativo de acerto nessa atividade dos conhecimentos que envolvem a radiação ultravioleta. Salientamos que o quantitativo de alunos que fizeram a atividade centra-se em: 25 alunos da TX e 22 alunos da TY.

Figura 5 - Quantitativo de acertos referentes à atividade sobre radiação ultravioleta.



Observamos por meio da Figura 5 que houve um grande quantitativo de acertos na atividade proposta. Acreditamos que o uso da atividade experimental demonstrativa-investigativa, seguindo as recomendações de Silva, Machado e Tunes (2010), bem como do texto proporcionou a integração dos conhecimentos. Segundo Souza (2003), um dos problemas no ensino de Ciências está centrado na dificuldade por parte dos alunos na interpretação de textos e na dificuldade em entender as perguntas. Saber ler e interpretar é indispensável para a compreensão de quaisquer textos, reportagens, mensagens, enfim de meios de comunicação escrita. Sendo assim, o professor de qualquer disciplina deve explorar interpretação de textos durante a sua prática pedagógica, pois a leitura pode aproximar o aluno do conhecimento escolar, bem como ampliar as interações sociais. “Bom leitor, o estudante continuará mais tarde, já fora da escola, a buscar informações necessárias à vida de um cidadão, a checar notícias, a estudar, a se aprofundar num tema, ou simplesmente, a se dedicar à leitura pelo prazer de ler” (ALMEIDA; RICON, 1991, p. 9).

Observamos que as atividades experimentais utilizadas durante a aplicação do PAPD possibilitaram a integração entre o fazer e o pensar, a articulação entre a teoria e a prática (SILVA; MACHADO; TUNES, 2010), fundamentais para o desenvolvimento do conhecimento científico, pois manipulamos objetos, construímos ideias e negociamos sentidos (REGINALDO; SHEID; GULLICH, 2012). Além disso, os alunos sentiram-se motivados com os experimentos, pois eles foram permeados de trocas e, da forma como foram realizados, permitiram a exploração de situações cotidianas. Nas avaliações realizadas pelos alunos ao final de cada aula nas fichas, encontramos manifestações positivas com relação ao uso de experimentos, como:

Y16 - “Professora, traz mais experimento nas próximas aulas”.

X22 - “ótima aula, explicação detalhada, continue assim.”

Assim como em nosso trabalho, Hayashi, Porfirio e Favetta (2006) apontaram que trabalhar com a experimentação possibilitou empolgação, curiosidade e participação dos seus alunos. Esses autores enfatizam a importância da experimentação articulada com os conhecimentos prévios para assim proporcionar aos alunos uma compreensão do conhecimento escolar, acomodar os saberes já adquiridos e desenvolver uma postura crítica.

As próximas aulas, discutidas a seguir, não utilizaram experimentos, mas focamos em aulas dialógicas e problematizadoras.

Na educação dialógica, o ensino se dá pelo diálogo e pela problematização coletiva dos saberes, a partir da vivência dos educandos. Nesse ponto de vista o conteúdo programático da educação não é uma doação ou uma imposição, – como era na educação bancária, a qual perfazia um conjunto de idéias a serem depositadas nos educandos – e sim, a restituição sistematizada aos oprimidos daqueles saberes que esses entregaram, de feio desestruturado, ao educador. (*sic*) (LEITE; FEITOSA, 2011).

Exploramos a diferença da radiação ionizante e não ionizante e suas principais características. Ressaltamos que praticamente em todas aulas retomamos esses conceitos. Quando perguntamos inicialmente aos alunos sobre o que eles entendiam por ser radiação ionizante e radiação não ionizante a maioria da turma não soube responder, apenas alguns alunos manifestaram-se, conforme podemos observar no trecho abaixo:

X? – “Radiação ionizante envolve íons e radiação não ionizante não envolve íons.”

Perguntamos ao aluno o que seria esse “envolvimento” dos íons com a radiação, mas o mesmo não foi além, disse o que lhe parecia óbvio devido o adjetivo após radiação.

Para explicar a diferença da radiação ionizante e da radiação não ionizante, utilizamos o pincel e um desenho no quadro. Observamos a dificuldade de alguns alunos em entenderem o modelo atômico, pois fui surpreendida por perguntas:

X? – “Por que a ionização ocorre na eletrosfera?”

Y? – “Não aprendi essa tal de cátion e ânion.”

Essa lacuna observada durante a explicação me tomou um tempo considerável de aula, pois tive que retomar alguns conceitos sobre átomo, núcleo, próton, nêutron, eletrosfera, elétrons, níveis energéticos, para que os alunos compreendessem a diferença de ionização e excitação. Salientamos que por esse motivo, retomamos a esses conceitos em quase todas as aulas, pois consideramos eles estruturantes para que os alunos compreendam as características e os efeitos das radiações.

Em nossa atividade 2 de casa (Apêndice 1, p. 24), pedimos aos alunos que descrevessem os fenômenos de excitação e ionização e relacionassem com as radiações ionizante e não ionizantes. Observamos dois tipos de respostas, a completa em que o aluno explica excitação e ionização e relacione as radiações ionizantes e não-ionizantes e a incompleta, na qual o aluno apenas explica o fenômeno sem relacioná-las. Abaixo destacamos os dois tipos de respostas:

Y15 - *“Ionização – Processo de átomos eletricamente carregados, ions, pela remoção ou soma de um ou mais elétrons característicos das radiações ionizantes. Excitação: adição de energia a um átomo, acontece uma elevação de estado fundamental de energia ao estado de excitação. Elétrons são deslocados e ao retornarem emitem energias excedentes sob a forma de radiações, as radiações não ionizantes.*

X10 – *“Excitação é quando o elétron passa de uma camada para outra e depois volta, essa é uma radiação não ionizante. Ionização é quando o elétron é arrancado, essa é uma radiação ionizante.”*

Y23 – *“Ionização – é um processo de formação de átomos eletricamente carregados. Excitação é a adição de energia do átomo elevando-a do estado de excitação. Ionizante possui energia suficiente para ionizar os átomos e moléculas com a qual interagem. Não ionizante não possuem energia suficiente para ionizar átomos e as moléculas com as quais interagem.”*

X28 – *“Excitações: a excitação dos elétrons produz energia capaz de gerar luz. Ionização: Processo que o átomo perde elétron.”*

A maioria dos alunos descreveu a resposta de forma incompleta, ou seja, não relacionou excitação e ionização com radiação ionizante e não-ionizante, contabilizamos 92% de 24 alunos da TX e 87,5% de 16 alunos da TY.

Mais uma vez, observamos que os alunos têm dificuldade de entender o comando da questão, de interpretar e responder as perguntas de forma completa. Por isso, em nosso trabalho exploramos textos e atividades subjetivas, pois acreditamos que o uso desses recursos pode contribuir com o aprendizado dos alunos.

Percebe-se que os problemas no ensino da leitura e interpretação são advindos de toda uma estrutura educacional que não permite que o discente consiga adquirir o hábito pela leitura, o que facilitaria bastante o aprendizado. (AGUIAR, 2009, p. 7).

Trabalhamos com radiação ionizante e não-ionizante nas atividades de casa 2, 3 e na atividade 5 de sala. Nelas, solicitamos que fossem classificadas as radiações ondas de rádio, micro-ondas, visível, infravermelha, raios X e raios gama em ionizante e não- ionizante. Podemos observar as respostas dos alunos por meio da tabela 9 abaixo:

Tabela 9 – Quantitativo de acertos dos alunos das turmas TX e TY na classificação das radiações eletromagnéticas em ionizante ou não ionizante.

| | <i>Rádio</i> | <i>Micro-ondas</i> | <i>Visível</i> | <i>Infravermelho</i> | <i>Raios X</i> | <i>Raios Gama</i> |
|---------------|--------------|--------------------|----------------|----------------------|----------------|-------------------|
| <i>TX (%)</i> | 79 | 88 | 86 | 50 | 93 | 100 |
| <i>TY (%)</i> | 86 | 73 | 83 | 88 | 100 | 100 |

Salientamos que a quantidade de alunos presentes nessas atividades: atividade 2 de casa (TX= 24 alunos e TY= 14 alunos), atividade 3 de casa (TX= 27 alunos e TY= 17 alunos), atividade 5 de sala (TX= 30 alunos e TY= 27 alunos). Ainda sobre o mesmo conceito, na atividade 6 de sala foi dado um espectro eletromagnético e os alunos deveriam marcar de vermelho as radiações ionizantes e de azul as não-ionizantes. Na turma TX, 70% de 23 alunos marcaram corretamente e na TY 100% de 24 alunos.

Constatamos que a maioria dos alunos, conforme pode ser observado na tabela 11, e no parágrafo anterior conseguiu classificar as diferentes radiações em ionizantes e não-ionizantes. Acreditamos que esses resultados tenham sido positivos porque em nossas aulas demos recorrentemente ênfase na classificação de cada radiação. Assim, os alunos tiveram a oportunidade de ver e rever o conceito durante várias aulas.

Assim como em nosso trabalho, Medeiros e Lobato (2010) indicaram em suas pesquisas que 80% dos alunos associam a radiação não-ionizante a malefícios a saúde. Então, pode-se dizer os alunos têm dificuldade de diferenciar a radiação ionizante e não-ionizante, o que acaba por refletir na compreensão da interação dessas radiações com a matéria. Por esse motivo, optamos por enfatizar e conceituar recorrentemente a diferença entre os dois tipos de radiação durante toda a aplicação da PAPD.

Explorando ainda esse assunto, nossa atividade 7 de sala abordou: 1) as principais ocorrências da interação da radiação ionizante com a matéria; e 2) as diferenças da interação da radiação de forma direta e indireta.

Em relação as principais ocorrências da interação da radiação ionizante com a matéria, destacamos algumas respostas de nossos alunos:

Y8 – “1) Ela pode passar pela célula e não causar nem um dano; 2) ela passa pela célula e causa danos, ela atinge o DNA e a prejudica; 3) mata a célula; 4) ela atinge a célula mas ela se regenera.”

X19 – “1) Pode modificar a célula; 2) A célula pode morrer; 3) pode atravessar e não acontecer nada; 4) Pode arrancar um elétron.”

Y24 – “1) causa direta ou indiretamente a criação de íons; 2) Agita as moléculas; 3) Prejudica a saúde; 4) Arranca elétrons da molécula.”

X20 – “1) a quantidade recebida; 2) o tempo de exposição a radiação; 3) o tipo de radiação recebida; 4) o órgão e sistemas afetados.”

Consideramos a resposta do aluno Y8 a mais completa para a questão. As respostas dos alunos X19 e Y24 não consideramos erradas, porém há uma confusão de ideias. O aluno X19 descreveu o mesmo fenômeno, pois nas situações 1 e 4 há perda do elétron. Já o Y24 além de descrever o mesmo fenômeno do aluno X19, descreveu as consequências para a saúde. Ainda, o aluno X20 descreveu a questão como se a pergunta fosse os fatores que influenciam os danos provocados pela radiação ionizante. Avaliamos apenas a resposta do aluno X20 como errada, apesar das outras não estarem de forma completa, consideramos como válidas, já que os alunos conseguiram descrever as interações da radiação ionizante com a matéria.

Salientamos que antes da atividade e da exploração desse conhecimento, foi perguntado aos nossos alunos o que poderia acontecer se houvesse interação da radiação ionizante com a matéria e as respostas centraram-se em morte, anomalias, doenças, destruição, câncer etc. Sendo assim, por meio dessa atividade, nossos alunos demonstraram uma mudança nas concepções iniciais, houve um ganho no discurso deles, já que os mesmos conseguiram registrar as diferentes interações, inclusive aquelas que não estão associadas com danos nas células.

Do mesmo modo que aluno Y8, observamos que 48% dos alunos da TX e 68% de TY responderam à questão de forma completa. Ainda, 44% da TX e 32% da TY responderam à questão de forma incompleta como os alunos X19 e Y24 e 8% responderam conforme o aluno X20, ou seja, de forma equivocada. Salientamos que o total de alunos que responderam essa atividade foi de 25 alunos da TX e 25 alunos da TY.

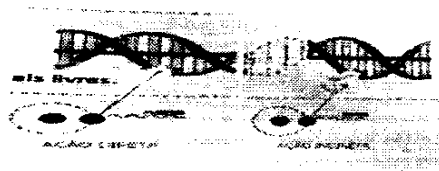
Na mesma atividade, por meio do desenho que mostra a interação da radiação ionizante com as moléculas do corpo humano, pedimos que os alunos explicassem a diferença nos dois desenhos. Salientamos que não houve uma exploração das concepções prévias dos alunos referente aos mecanismos de ação da radiação ionizante, porém por não ser abordado no ensino médio, acreditamos que nossos alunos não saberiam responder como ocorre esse processo. Abaixo, apresentamos um recorte das respostas de alguns alunos das duas turmas:

Figura 6 - Reposta dos alunos referente a questão que explora a interação das moléculas do corpo humano com a radiação ionizante: a) X15; b) Y35; c) Y10; d) X22; e) Y28.

(a)

Ação direta - A radiação irá atingir diretamente o DNA e fazer uma quebra do mesmo
 Ação indireta - A radiação atingirá a molécula de água que perderá seus elétrons e ficará ionizada e em seguida atacará o DNA.

(b)



A radiação passa pelas moléculas deixando elas ionizadas as moléculas se quebram e elas atacam as outras moléculas.

Ela tá atacando a linha do DNA

(c)



A radiação está atingindo a linha do DNA
 A esta está atingindo a água

(d)

No primeiro figura a pessoa foi nociva como DNA modificado pela radiação.
 No segundo a pessoa foi atingido pela radiação tendo sempre DNA modificado

(e)



No figura 1: A radiação está atacando as moléculas de água
 No figura 2: A radiação está atacando o DNA

Os alunos X15 e Y35 conseguiram descrever as diferentes interações das radiações ionizantes, apesar de não explicarem detalhadamente a radiólise da água. O aluno X15 mencionou a perda de elétrons, já que essa perda inicia a produção de radicais livres. Já o aluno Y35 descreveu a quebra da molécula de água, o que não deixa de estar certo, pois na radiólise cada molécula de água produz um par de íons (H^+ e OH^-) e dois radicais livres ($H\bullet$ e $OH\bullet$).

Consideramos as respostas dos alunos X15 e Y35 como certas. Responderam de forma similar a eles 56% dos alunos de TX e 63% dos alunos de TY. Outros 39% de TX e 11% de TY não descreveram a diferença dos mecanismos de ação de forma compreensível, como podemos visualizar pela resposta de Y10.

O aluno Y28, por sua vez, explicou a figura 1 como se fosse a 2 e vice-versa. Acreditamos que esse equívoco pode estar associado a uma baixa concentração (ou dispersão) na elaboração das respostas. Segundo Kastrup¹² (2004) citado por De-Nardin e Sordi (2008, p. 99) “A atenção é tomada como subsidiária da aprendizagem, estando a serviço da captação e da busca de informação. Em situações de falha nessa forma de atuação, a atenção fica colocada no lugar da falta, do déficit”.

A resposta do aluno X22 mostra um equívoco no entendimento da interação da radiação com as moléculas do corpo humano. Assim como esse aluno, 4% de TX e 26% de TY erraram a questão. Salientamos que nessa atividade participaram 23 alunos de TX e 27 alunos de TY.

Segundo Santos, Costa e Chaves (2013), a abordagem de radicais livres e antioxidantes muitas vezes é deixada de lado pelos professores de Biologia e também não aparece nos livros didáticos. Em um estudo de Oliveira e Torres (2015) foi realizada uma pesquisa com professores da rede pública, licenciados e pós-graduados sobre os radicais livres e os resultados mostraram um equívoco e incertezas conceituais. Esses autores ainda enfatizaram que não há publicações sobre as concepções alternativas relacionadas ao que vem a ser um radical livre, o que pode constituir uma possível fonte de desinformação em relação ao material destinado ao público.

Percebe-se uma dificuldade na exploração desses conceitos por parte dos professores, principalmente em contextualizá-los dentro do cotidiano dos alunos. Em nosso trabalho,

¹² KASTRUP, V. A aprendizagem da atenção na cognição inventiva. *Psicologia & Sociedade*, 16 (3), p. 7-16. 2004.

apresentamos cada etapa da radiólise da água, porém não exploramos o assunto como oxidação, envelhecimento celular, entre outros. Nosso foco esteve em caracterizar a alta reatividade dos radicais livres e associar os danos provocados no DNA e doenças como o câncer.

Infelizmente, por uma questão de tempo restrito e o foco do trabalho estar centrado nos danos do DNA e no câncer, exploramos a formação dos radicais livres voltada para as consequências dessas aplicações. Além disso, entendemos que todas as etapas da formação dos radicais livres da radiólise da água são complexas e para que os alunos aprendessem cada etapa seria preciso o uso de mais aulas. Não considero que isso seja objeto de aprofundamento no nível médio.

Exploramos a interação da radiação ionizante com a matéria na prova bimestral em uma questão era de múltipla escolha. Verificamos na tabela 10 os seguintes quantitativos de acertos:

Tabela 10 - Quantitativo de acertos na prova bimestral referente à questão 1 (texto 5) referente a interação da radiação ionizante com a matéria.

| | <i>Acertaram</i> | <i>Erraram</i> | <i>Total de alunos</i> |
|---------------|------------------|----------------|------------------------|
| <i>TX (%)</i> | 37 | 63 | 100 |
| <i>TY (%)</i> | 37 | 63 | 100 |

Salientamos que as questões da prova bimestral tiveram que ser elaboradas antes mesmo da aplicação da PAPD, para atender a uma demanda da coordenação da escola. Essa prova foi preparada a partir de textos que cada professor, que atua junto ao 3.º ano do Ensino Médio, teve que escolher e enviar para coordenação. Esse acerto ocorreu na primeira semana de aula do ano letivo e não participei das discussões por não fazer parte ainda do corpo docente da instituição. Apesar disso, tive que escolher no final do mês de março os textos de Química e enviá-los em meados de abril. Todos os textos foram trocados entre os professores e alguns foram escolhidos para comporem a prova considerada interdisciplinar. Denominação esta que para mim não tem o mesmo significado.

De certa forma, tivemos sorte, pois nossos textos agradaram e foram escolhidos. Apesar disso, tivemos que elaborar as questões e enviá-las à coordenação até a primeira quinzena de abril, incluindo o conteúdo que pretensamente conseguiria terminar antes da

realização da prova pelos alunos. Fui informada que após a entrega das questões não seria permitido mudança na prova. Devido ao atraso por fatores externos, anteriormente comentados, não conseguimos finalizar o conteúdo como planejamos antes da prova. Fizemos uma aula de revisão e abordamos alguns conceitos que estariam na prova e que não foram trabalhados em aulas anteriores. Isso justifica os baixos percentuais de acerto expostos na tabela 10.

Para atenuar esse problema e evitar prejuízo para os alunos, discutimos esses conceitos de forma mais aprofundada nas aulas seguintes e fizemos um teste ao final da aplicação da PAPD.

Outro conceito abordado em nossas aulas foi a formação dos raios X. Antes de iniciar a discussão desse conceito, perguntamos aos nossos alunos como se dava a formação dos Raios X e as respostas deles mostraram que muitos associavam o fenômeno com a radioatividade.

X? – “Acontecem no núcleo do átomo.”

Y? – “Os raios X são radioativos.”

Y? – “Os raios X não são substâncias radioativas.”

Das duas turmas, somente a última aluna falou, mesmo que equivocadamente, não se tratar de fenômeno envolvendo substância radioativa. Infelizmente, não demos continuidade ao diálogo com essa aluna, para saber sua explicação sobre a formação dos Raios X. Só percebemos essa lacuna na descrição dos resultados dessa pesquisa.

O princípio educativo pautado no diálogo visa valorizar, priorizar e socializar o conhecimento acumulado trazido pelos alunos como ponto de partida do processo de ensino-aprendizagem, ao mesmo tempo em que viabiliza a construção participativa do conhecimento (LOTÉRIO, 2011, p.209).

Em relação a caracterizar os raios X como uma radiação ionizante ou não-ionizante, todos os alunos de TY e 93% de TX indicaram essa radiação como sendo ionizante. Na atividade 5 de sala perguntamos como ocorre a formação dos Raios X e destacamos abaixo algumas respostas:

X10 - “Quando os elétrons estão em altíssimas velocidades, eles se chocam em algum obstáculo, como um vidro ou metal, assim há formação dos raios X”.

X33 – “Origina-se no choque de elétrons acelerados contra um obstáculo material, geralmente de metal.”

Y33 – “Elétrons em alta velocidade batem em um obstáculo projetando luz no caso raios.”

Mesmo que as respostas de nossos alunos ainda estejam confusas, já é possível perceber que não mais consideram a ocorrência do fenômeno no núcleo. A produção e a detecção dos raios X não é um fenômeno simples, por isso, precisamos continuar explorando os conceitos envolvidos e explicando o fenômeno para melhorar a compreensão sobre.

Alguns alunos, 13% de TX e 15% de TY, descreveram em suas respostas a aplicação de raios X, assim como:

X11 – “São elétrons que atravessam o corpo mostraram a imagem da calibragem com algo sólido.”

X16 – “Quando elétrons viajam em uma velocidade rápida e passa por corpo, refletindo a estrutura óssea desse corpo.”

Na atividade 6 de sala quando pedimos para julgarem a afirmativa “o raio X pode ser considerado uma reação nuclear”, constatamos que 63% de 20 alunos de TX e 95% de 21 de TY consideraram a questão errada. Também utilizamos um item na prova bimestral, bem parecido com a atividade 6 em que o aluno deveria julgar certo ou errado. Nas duas turmas, 94% dos alunos acertaram o item. Das respostas analisadas a única coisa que é possível afirmar é que nossos alunos passaram a associar a produção dos Raios X a movimentos feitos pelos elétrons que estão na eletrosfera e não mais ao núcleo, mudando, portanto, a concepção inicial.

O raio X é uma tecnologia que pode ser associado sob alguns aspectos a qualidade de vida, porém muitas especulações e debates éticos estão presentes sobre o uso dessa tecnologia. É inegável a importância dessa tecnologia para os tratamentos e diagnósticos médicos, por outro, existe preocupações acerca do seu uso demasiado. Dessa forma, por ser um assunto de grande relevância social e fazer parte do cotidiano e da realidade dos alunos, esses sentem-se motivados e estimulados a discutir e aprender sobre os Raios X (SOUZA; ARAÚJO, 2010).

O tema radioatividade também foi trabalhado em nossas aulas. Dentro dessa temática abordamos alguns conceitos: radioisótopos, raios gama e meia-vida. A atividade 6 de sala buscou identificar os que os alunos entendiam por radioatividade. Essa atividade foi aplicada antes d trabalharmos o conceito em sala de aula. Abaixo algumas respostas representativas:

Y26 – “São elementos que emitem radiações para conseguir estabilidade. ”

X5 – “Elementos que possuem uma grande quantidade de prótons e elétrons. ”

X15 – “Elementos que possuem uma alta quantidade de elétrons e prótons tornando-os instáveis no momento que sofrem muita agitação. ”

Y9 – “É a radiação da onda gama que não pode ser barrada com facilidade.”

Y7 – “Algo que transmite a radiação.”

X17 – “É algo transmitido através de ondas.”

Y36 – “Radioatividade é algo que não vê mas pode matar.”

X14 – “Nome dado aos raios que são altamente perigoso a saúde humana eles podem ser classificados como raios gama, beta e alfa.”

Y5 – “É muito perigosa mais se for usada corretamente traz benefícios e facilidades para a vida humana.”

X10 – “São ondas que emitem radiação, há radiação prejudicial dependendo da quantidade de tempo maior como os raios X e radiações não prejudiciais como ondas de rádio.”

Consideramos baixo número de alunos que realizou essa atividade, apenas 17 alunos de TX e 19 de TY. Pelas respostas acima, observamos a necessidade de rever alguns conceitos com os alunos, pois apesar de terem afirmado que o conteúdo foi visto no 2º ano do ensino médio, percebemos que há equívocos em relação ao fenômeno, como desconsiderar que o fenômeno emite partículas (α e β) e ou mesmo igualar a emissão de destas com a radiação eletromagnética gama. Ainda tivemos alunos que não informaram o que entendem por radioatividade, mas falaram dos supostos malefícios e perigos. Três alunos consideraram o raio X como sendo radioativo, dentre eles o X14.

Pelas respostas acima, podemos considerar que nossos alunos não se apropriaram verdadeiramente dos conceitos de radioatividade e radiação, onda e partícula. Nas respostas não se percebe se os estudantes consideram que os fenômenos radioativos ocorrem nos núcleos dos átomos. Dessa forma, investigamos se nas aulas seguintes conseguimos mudar as concepções prévias dos alunos e se foi possível romper com a ideia de que a radioatividade e a radiação ionizante estavam relacionadas somente a malefícios à saúde dos seres vivos.

Para iniciar a temática radioatividade utilizamos o vídeo: “O clã Curie”, já citado no subitem CTS. O objetivo de utilizá-lo foi articular os conhecimentos da Ciência aos aspectos históricos, econômicos, sociais possibilitar a integração dos saberes e, assim, o conhecimento se torna mais significativo. Utilizamos o vídeo para a atividade 6 de casa, uma das questões centrava-se em explicar o que Marie Curie chamou de radioatividade. Abaixo as principais respostas dos nossos alunos:

X5 – *“A nova descoberta, onde os núcleos atômicos sofrem transformações e emitem radiações.”*

X15 – *“Deu o nome de radioatividade para as atividades e quantidade de energia que os elementos possuíam, em princípio o rádio.”*

Y28 – *“A atividade energética dos elementos.”*

Y1 – *“Ela chamou de radioatividade os raios que a Uranita transmitiam.”*

X35 – *“A descoberta de dois novos elementos trouxe também o princípio da atividade ativa.”*

Y13 – *“A curiosa descoberta de Henri.”*

X26 – *“A isolação elementos desconhecidos de outros elementos.”*

Y6 – *“A isolação dos elementos desconhecidos.”*

Y27 – *“O aquecimento do átomo.”*

Salientamos que o vídeo conta toda a história da radioatividade até se chegar na construção do conceito, mas somente usamos a Parte 1 do vídeo, na qual o conceito não está explicitado, deixando ao leitor buscar outros materiais para se apropriar do conhecimento. As respostas dos alunos já mostram que houve uma melhora, como em X5, X15 e Y1. Assim como esses alunos, 28% de TX e 44% de TY responderam de forma similar. Nas respostas dos alunos X26 e Y6, creio que eles quiseram falar isolamento, e o processo não corresponde à radioatividade, mas a método de separação de misturas. Um outro equívoco percebido foi na resposta de Y27, o qual apenas citou uma das etapas de separação do Polônio e do Rádio da Uranita, não conceituando radioatividade.

O que chamou atenção nessa atividade foi o baixo quantitativo de alunos que responderam à questão: somente 25 alunos de TX e 9 alunos de TY. A falta de compromisso na realização das tarefas será comentada posteriormente.

O objetivo de utilizar o vídeo foi mostrar como a Ciência construiu conceitualmente o fenômeno radioativo. Além disso, o uso desse recurso possibilitou a integração dos conhecimentos científicos as articulações CTS, como já descrevemos.

A linguagem audiovisual desenvolve múltiplas atitudes perceptivas: solicita constantemente a imaginação e reinveste a afetividade com um papel de mediação primordial no mundo, enquanto que a linguagem escrita desenvolve mais o rigor, a organização, a abstração e a análise lógica (MORAN, 1994, p.2).

Na atividade 7 realizada em sala, apresentamos algumas palavras e pedimos para o aluno utilizando-as conceituasse radioatividade. Analisamos as respostas e categorizamos em

três grupos de análise dos conceitos: 1) Relacionar radioatividade à grande quantidade de energia; 2) Informar que são núcleos energeticamente estáveis; 3) Indicar que emitem ondas eletromagnéticas e partículas;

Em relação ao primeiro grupo de respostas, apuramos que 83% de 23 alunos de TX e 69% de 29 alunos de TY relacionaram a radioatividade à grande quantidade de energia produzida. Esse resultado não nos traz estranheza e tampouco surpresa, pois nossa pesquisa inicial indicou que nossos alunos relacionavam a radioatividade a bombas atômicas e desastres nucleares. As notícias divulgadas a esses aspectos estão associadas há grande quantidade de energia envolvida no fenômeno de radioatividade.

Em relação ao segundo grupo de respostas pedimos que nossos alunos indicassem se os átomos dos elementos radioativos são instáveis ou estáveis. Os resultados mostraram que 96% do TX e 69% do TY responderam que esses átomos são instáveis. Apesar de não ter explorado o conhecimento prévio referente, consideramos que esse resultado positivo.

O terceiro grupo contamos quantos alunos indicaram a emissão radioativa sob forma de ondas eletromagnéticas e partículas e as respostas corretas foram 54% de TX e 78% de TY. Além disso, 38% de TX e 22% de TY indicaram a emissão de apenas de ondas eletromagnéticas e 8% do TX descreveram ser emissão apenas de partículas. Apenas 13 alunos do TX e 9 alunos de TY utilizaram essas palavras no exercício.

As respostas mostram que nossos alunos ainda têm dificuldades em associar a emissão radioativa sob formas de ondas eletromagnéticas e partículas. No início da quinta aula, perguntei quais radiações que os átomos radioativos emitem e as respostas continuaram sendo alfa, beta e gama.

Continuei a especular e perguntei do que as radiações gamas eram compostas. Os alunos não tiveram dificuldades em indicar que são ondas eletromagnéticas. Perguntei também do que eram formadas as partículas alfas e betas e os alunos ficaram confusos, citaram suas principais propriedades como massa e carga. Porém, observamos que não houve associação dessas propriedades com sua composição, ou seja, não descreveram que são partículas. Um aluno levantou uma discussão na sala que desencadeou a introdução da diferença de ondas e partículas.

Y? – “As radiações alfa e beta não deveriam fazer parte do espectro eletromagnético?”

Professora – “é realmente elas não estão no espectro eletromagnético. Por quê?”

Y? – “Acho que a senhora esqueceu.”

Y2? – “Alfa e beta não são radiações eletromagnéticas.”

Professora - “Se elas não são radiações eletromagnéticas, o que elas são? O que as diferencia da radiação gama.”

Y2? – “Alfa e beta são mais penetrantes que gama.”

Professora – “Por que elas são mais penetrantes?”

Y2? “Porque são mais pesadas.”

Professora – “A radiação gama possui massa?”

Y2? – “Sim.”

Professora – “Radiações gamas são ondas eletromagnéticas. Do que as ondas eletromagnéticas são compostas?”

Os alunos não souberam responder.

Depois dessa discussão (aula 5), explicamos a diferença entre radiação eletromagnética e corpuscular e entre as radiações gama e partículas alfa e beta. Na atividade 5, os alunos deveriam explicar as principais diferenças. A quantidade de aluno participante foi de 28 de TX e 25 de TY. A seguir descrevemos as principais respostas.

Y13 – “A radiação ionizante eletromagnética não é desviada por um campo magnético e as corpusculares são barradas facilmente, não tem força de penetração.”

X16 – “Eletromagnética é em forma de onda, não possui massa, se propaga no vácuo, não possui elétrons e prótons. Corpusculares não são em forma de onda, elas possuem massa e em sua formação existe prótons e elétrons.”

X24 – “Não tem massa e não pode ser desviado por um campo. Corpuscular tem massa e pode ser desviado.”

Y10 – “As ondas não possuem massa, nem carga. A corpuscular possui massa e carga.”

X2 – “As eletromagnéticas se caracteriza pela oscilação entre um campo elétrico e um magnético e está classificada de acordo com a frequência das ondas. As corpusculares é constituído por partículas subatômicas, sendo os tipos mais conhecidos: elétrons, prótons, nêutrons e partículas alfa e beta.”

Y26 – “A eletromagnética não possui massa e portanto é mais penetrante e a corpuscular por possui massa é mais fácil de bloquear.”

As respostas dos alunos X24 e Y26 mostra que eles conseguiram diferenciar as radiações eletromagnéticas e as corpusculares. Tal como essas respostas contabilizamos 56% do TX e 84% do TY. A resposta do aluno Y13 demonstrou um equívoco ao descrever que as radiações eletromagnéticas são barradas facilmente e as corpusculares não. Observamos que

igual ao aluno Y13, outros 28% do TY cometeram o mesmo equívoco. Consideramos até que devem ter feito juntos ou simplesmente copiado a resposta uns dos outros. Consta-se ainda que os alunos X16 e X2 descreveram o conceito como se fosse diferença de ondas eletromagnéticas e partículas. Acreditamos que esses alunos não se atentaram para o comando da questão e 57% dos alunos do TX cometeram o mesmo erro.

Ressalto que durante a realização dessa atividade não me opus na discussão dos conceitos entre os alunos, nem mesmo neguei ajuda. Acreditamos que a troca de informações entre os alunos pode propiciar um intercâmbio de experiências e um auxílio mútuo na elaboração dos conceitos. Deveria ter conduzido as discussões entre os alunos do grupo, para certificar-se que todos estavam compreendendo bem e não somente copiando as respostas do colega.

Nessa mesma atividade pedimos a exemplificação das radiações eletromagnéticas e corpusculares. Abaixo encontram-se algumas respostas:

- Exemplos de radiações ionizantes eletromagnéticas:

X34 – *“Raios X e gama.”*

Y13 – *“Raios X e raios gama.”*

X33 – *“Micro-ondas, infravermelho e ultra-violeta.”*

Y30 – *“Alfa, beta e Raio X.”*

- Exemplos de radiações ionizantes corpusculares:

X17 – *“Partículas alfa e beta.”*

Y26 – *“Alfa e beta.”*

X6 – *“Partículas alfa e beta.”*

X14 – *“As radiações alfa, beta e gama.”*

Y2 – *“UVC e raios gama.”*

X9 – *“Luz visível.”*

X4 – *“Câmara de bronzeamento artificial.”*

Observamos por meio das respostas dos alunos que eles ainda apresentavam dificuldade em diferenciar radiação ionizante eletromagnéticas e corpuscular. Em relação aos exemplos da primeira, os alunos X34 e Y13 pontuaram corretamente os tipos dessa radiação, assim como eles, 12 alunos de TX e 26 alunos de TY. Ainda contabilizamos 18 alunos que indicaram as radiações não ionizantes eletromagnéticas como radiações eletromagnéticas

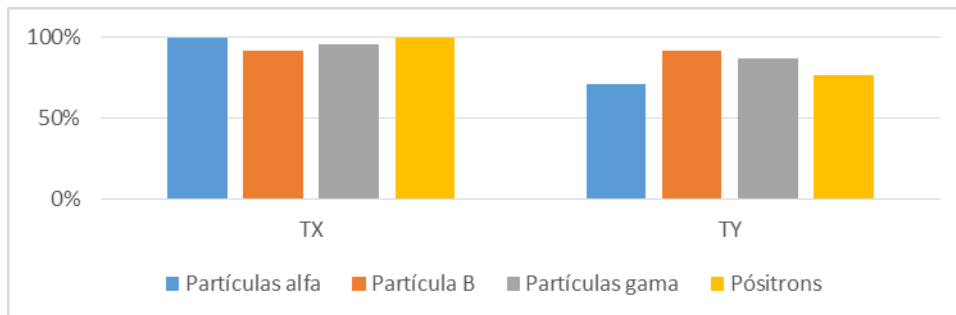
ionizantes corpusculares, conforme podemos perceber pela resposta do X33. Além disso, quatro alunos confundiram radiação corpuscular com eletromagnética, tal como o aluno Y30.

Em relação aos exemplos da radiação ionizante corpuscular as respostas também foram variadas. Contabilizamos 9 alunos da TX e 18 alunos da TY indicaram as radiações alfa e beta como corpusculares, do mesmo modo que os alunos X17 e Y26. Os alunos do TX indicaram câmara de bronzamento (9 alunos), radiação gama (2 alunos) e luz visível (8 alunos), tal como as respostas dos alunos X9, X4 e X14. Já na turma TY, 9 alunos indicaram a radiação gama.

Apesar da maioria da turma do TY indicar exemplos corretos da radiação ionizante eletromagnética (87% dos alunos) e radiação ionizante corpuscular (67% dos alunos), a turma TX descreveu diversos exemplos, demonstrando que ainda não sabiam diferenciar radiação eletromagnética e corpuscular, ou seja, que esses alunos não se apropriaram de um novo conhecimento.

Na questão 1 da mesma atividade, desenhamos um quadro e pedimos que os alunos completassem indicando a diferença das radiações alfa, beta, gama. Abaixo o quantitativo de acertos de ambas as turmas.

Figura 7 - Respostas dos alunos referente as características (composição, símbolo, massa relativa, carga relativa e propriedades) de cada radiação corpuscular.



Percebe-se por meio da figura acima que a maioria de nossos alunos (mais de 70% do total de 23 alunos de TX e 29 alunos de TY) conseguiu indicar do que as emissões radioativas são compostas, o símbolo que as representam, sua massa, carga relativa e as principais propriedades.

Dessa forma, esses resultados nos mostram que nossos alunos até sabem indicar cada propriedade das emissões radioativas, porém eles não conseguem associar as propriedades ao conceito de onda e partícula. “Ao conectar o conceito com outros conceitos, o sujeito passa a reinterpretá-lo e, a partir desta outra compreensão, ele o reconstrói.” (SILVEIRA, 2005, p.7).

Outro conceito bastante trabalhado em nossas aulas e de grande relevância para o entendimento dos exames e tratamentos médicos foi radioisótopos. Antes da discussão desse conceito, perguntamos se os alunos sabiam o que era um radioisótopo e já ouviram falar. Abaixo as principais respostas:

X? – “É uma substância que emite radiação.”

X? – “É isótopo de rádio.”

X? “Algo a ver com radioativo.”

Y? – “Um isótopo radioativo.”

Observamos que os alunos tentaram definir o conceito por meio do nome da substância, porém quando confrontado o que seria isótopo, os alunos não conseguiram associar ao conceito da Química. Um aluno ainda afirmou que tinha estudado, mas não conseguia definir o que seria um isótopo.

Após a realização de uma atividade em sala de aula, na qual trabalhamos o conceito de radioisótopo, questionamos novamente os alunos e o algumas respostas estão abaixo:

X16 – “São átomos com o mesmo número atômico e diferente número de massa.”

Y35 – “São isótopos com o mesmo número de prótons e diferente número de nêutrons.”

X11 – “São elementos instáveis que produzem radiação.”

X36 – “São formados por isótopos radioativos, são átomos com o mesmo número de prótons e diferente número de massa.”

Y17 – “São átomos radioativos com o mesmo número atômico e diferente número de massa.”

Y20 – “Tratamento com radioatividade para pessoas com câncer e tumores.”

Observamos quatro tipos de respostas: 1) a descrição dos conceitos isótopo e radioativo; 2) a descrição de um conceito; 3) a aplicação do conceito.

As respostas consideradas mais completas são dos alunos X36 e X17, já que relacionaram a radioatividade da substância com o conceito isótopos. Conforme esses alunos, 29% dos alunos de TX e 84% dos alunos de TY conseguiram relacionar esses conceitos. Os outros 67% de TX e 8% de TY descreveram apenas um dos dois conceitos, como podemos visualizar pelas respostas dos alunos X11, X36 e Y17. Também se percebeu que alguns alunos (4% de TX e 8% de TY) descreveram a aplicação do conhecimento dessas substâncias. A quantidade de alunos que responderam essa atividade foram 24 alunos de TX e 24 de TY.

Por meio dessa atividade, acreditamos que nossos alunos conseguiram se apropriar dos conceitos apresentados, apesar de observamos dificuldade em relacioná-los. Segundo Santomé (1998, p. 25): “em geral, poucos estudantes são capazes de vislumbrar algo que permita unir ou integrar os conteúdos ou o trabalho das diferentes disciplinas.”

Assim como Gerhard e Rocha Filho (2010), consideramos que o conhecimento científico é abordado nas escolas de forma fragmentado, tanto a integração dos conteúdos como os componentes curriculares. Isso influencia diretamente o processo ensino-aprendizagem visto que os alunos não conseguem perceber ligações dos conceitos científicos e as relações desse com o cotidiano.

Ainda exploramos na atividade 9 a diferença de radioisótopo e radiofármaco. Como era um item de julgar verdadeiro ou falso, contabilizamos a quantidade de alunos que souberam diferenciar esses dois conceitos, conforme a tabela 11.

Tabela 11 – Percentual de alunos que soube diferenciar radioisótopo e radiofármaco dentre o total de 25 estudantes de TX e 24 de TY.

| | <i>Soube diferenciar</i> | <i>Não soube diferenciar</i> |
|---------------|--------------------------|------------------------------|
| <i>TX (%)</i> | 68 | 32 |
| <i>TY (%)</i> | 19 | 81 |

Antes de aplicar a atividade 7, perguntamos aos alunos se eles sabiam diferenciar radioisótopos e radiofármaco. De forma geral, os alunos não souberam responder ao questionamento, mesmo que alguns tenham tentado.

Como esses são conceitos não comumente utilizados no dia-a-dia, sendo mais explorados na área médica, não foi surpresa o desconhecimento de nossos alunos. Infelizmente, verificamos na atividade 7 um número considerável de alunos que não soube diferenciar essas duas substâncias (81% de TY). Entretanto, tivemos ótimos resultados nas respostas desse conceito na abordagem CTS e na aplicação desse conhecimento, que pode ser aproveitado por eles na vida diária.

O último conceito explorado em nossas atividades foi meia-vida. Esse conceito foi trabalhado a fim que os alunos entendessem a interação dos radioisótopos no corpo humano. Antes de começar a explorá-la, perguntamos o que seria meia-vida e os alunos conseguiram responder com certa dificuldade. Abaixo alguns trechos das respostas dos alunos:

X? – “Meia- vida é o tempo de vida de uma substância radioativa.”

X? – “Meia- vida é o tempo que a substância é radioativa.”

Y? – “A meia- vida tem a ver com a determinação da idade dos dinossauros.”

Y? – “Meia- vida é o tempo de uma substância para que ela se reduza pela metade.”

Como podemos observar pelas respostas acima, somente o último aluno chegou mais próximo da forma como a Ciência conceitua meia-vida. Para continuar a investigação, buscamos explorar aplicações desse conceito. Abaixo temos as respostas de algumas dessas perguntas:

X? – “A meia-vida do Césio-137 de Goiânia é elevado, por isso vai ficar enterrado pelos próximos cem anos?”

Y? – “Como eles determinam o tempo de um fóssil que morreu?”

X? – “Qual o tempo de meia-vida do Urânio? (...) Por que ele é descartado pelas usinas já que ele não gera mais energia nuclear?”

Na atividade 9, o aluno deveria julgar o item (verdadeiro ou falso). Contabilizamos que 100% dos alunos do TX (do total de 24 alunos) e 100% do TY (do total de 22 alunos) acertaram o item. Assim, o conceito prévio dos alunos ajudou a exploração desse conhecimento voltado para o uso dos radioisótopos.

Observamos um progresso dos nossos alunos em relação a todos os conceitos trabalhados em nossa proposta, principalmente em relação à radiação não-ionizante, que se destacou nesse trabalho. Conseguimos que nossos alunos integrassem o conhecimento das radiações as suas principais características: comprimento de onda, frequência, energia e aplicações. Assim, explorar cada radiação utilizando o espectro eletromagnético foi fundamental para que eles pudessem entender a especificidade de cada radiação. “Cada faixa de frequência do espectro eletromagnético possui características intrínsecas de propagação, reflexão, alcance, que determina o seu uso e aplicação no cotidiano” (SIWIAK, 1995¹³ apud SANTOS; FERRARA, 2005, p.6).

Acreditamos que o uso da experimentação nas primeiras aulas foi fundamental para os bons resultados obtidos nesse trabalho. As atividades experimentais realizadas de forma demonstrativa investigativa proporcionaram aos alunos a exploração de um fenômeno, seguindo critérios de observação e inferências semelhantes aos caminhos perseguidos pela

¹³SIWIAK, K. Radio wave Propagation and Antennas for Personal Communications. Artch House Publishers. Boston, 1995.

Ciência, a aplicação da teoria a realidade a sua volta e ainda despertou o interesse por estudar Ciência (REGINALDO; SHEID; GULLICH, 2012).

Consideramos que os conceitos explorados em nossas aulas foram fundamentais para que os alunos refletissem acerca desses temas inseridos na sua diária. Constatamos ainda que por meio das discussões em sala de aula, os alunos conseguiram relatar experiências e dúvidas que tinham acerca do uso de diversas tecnologias.

Ressaltamos que nosso objetivo não foi um ensino voltado para a memorização dos conceitos científicos e tampouco para a descrição de conceitos pré-estabelecidos. Valorizamos a aplicação e a integração dos conceitos inseridos no cotidiano. Assim, muito mais que aprender Química ou Física, nosso interesse foi que esse trabalho integrasse os conhecimentos para que o aluno consiga aproximar mais a Ciência de suas vidas.

Consideramos que assim como os trabalhos de Broietti, Cela e Souza (2009), Sousa (2009), Mota e Duarte (2015), Oliveira e colaboradores (2014) nossa proposta permitiu que os conceitos da radiação e da radioatividade fossem articulados aos conhecimentos de outras áreas. Nossa proposta oportunizou também a discussão dos principais benefícios das tecnologias associadas a esse conhecimento na área médica, além de proporcionar reflexão sobre a influência de diferentes segmentos da sociedade referente à radiação e radioatividade. Dessa forma, contribuímos para promoção do letramento científico ao despertamos nos alunos possíveis interpretação e compreensão do mundo, que podem favorecê-los quando necessitarem se posicionar ou tomar alguma decisão relacionada à temática.

3.6. SOBRE AS FICHAS DE AVALIAÇÃO DO ENSINO - APRENDIZAGEM

Durante a aplicação do PAPD, entregamos em cada aula uma ficha de avaliação com três perguntas: 1) O que você aprendeu nessa aula?; 2) O que você *não* aprendeu nessa aula? e 3) Como você avalia essa aula de 0 a 5? Ao final da folha deixamos um espaço para que aluno escrevesse curiosidades e/ou sugestões (Apêndice 1, p. 16). O objetivo das fichas foi acompanhar o desenvolvimento dos alunos durante as aulas e também coletar uma avaliação diária sobre a metodologia adotada. As fichas foram recolhidas ao final de cada aula.

Essas fichas se mostraram um instrumento de avaliação muito importante, sendo utilizadas para acompanhar o que os alunos consideravam ter aprendido nas aulas, o que

avaliavam não aprendido, as principais dúvidas, questionamentos, sugestões, entre outros. Juntamente com as atividades de sala, as tarefas de casa e as observações foi possível delinear um diagnóstico sobre o desenvolvimento dos alunos a partir das estratégias utilizadas. Sendo assim, as fichas nos possibilitaram identificar os conceitos que precisavam ser retomados, conhecer as dúvidas coletivas e individuais e perceber se havíamos ou não atingindo os objetivos estabelecidos para o processo ensino-aprendizagem.

Na literatura (JOAY et al., 2005; FERREIRA, 2013) e mesmo nos documentos oficiais da educação há recomendações que sejam realizadas avaliações contínuas do processo ensino-aprendizagem para que o professor perceba o progresso dos alunos ou suas deficiências. Dessa forma, é possível intervir, inserindo novas estratégias, promovendo mais discussões e ampliando a compreensão sobre a Ciência. Segundo Grizendi, Silva e Ferreira (2008, p.2) “o objetivo maior do ato de avaliar deve ser a busca da melhoria contínua da aprendizagem”.

Nas primeiras aulas, os alunos sentiram-se receosos em expor suas dúvidas nas fichas. Alguns preferiram me chamar em particular e perguntar. Eu respondia na medida do possível e o que tinha dúvida ou não sabia, pedia para que eles escrevessem nas fichas. Assim, eles conseguiram descrever as principais dúvidas e curiosidades nas fichas e, dessa forma, foram se sentindo mais confiantes e o quantitativo dos textos nas fichas foi aumentando, pelo menos de alguns alunos.

Abaixo, explicitamos algumas das dúvidas relevantes escritas nas fichas e que conduziram discussões na sala de aula. Os questionamentos de Y1, X11, Y20 exigiram de mim pesquisa na literatura.

Y1 - “Por que o PS3/PS4 funcionam mesmo de longe?”

Y21 - “A agitação das moléculas de água no micro-ondas pode faz mal para nós?”

X19 - “Os óculos de grau possuem proteção UVA e UVB?”

X11 - “Os protetores solares são eficazes para pessoas albinas?”

Y20 - “Quantos raios X por ano podemos fazer sem ter risco?”

X35 - “Quem trabalha com raio X com o tempo pode ser algum problema de saúde?”

Y10 - “As tomografias são radioativas?”

X24 - “A pessoa que utiliza radioisótopos pode contaminar outras pessoas?”

Para discutirmos os questionamentos das fichas, dedicamos os primeiros dez a quinze minutos de cada encontro. Percebíamos que muitas vezes a dúvida não era de um único aluno.

Assim, agrupamos as fichas com dúvidas semelhantes e iniciávamos as aulas discutindo-as na medida do possível, visto que perguntas como a de Y20 não tinham uma resposta. Esse era um momento da aula em que os alunos prestavam bastante atenção e acabavam sempre fazendo mais perguntas, promovendo uma discussão de conceitos e aplicações abordados na aula anterior. Nem sempre era fácil manter o tempo limitado.

Nessas fichas, alguns alunos deram sugestões de como as aulas poderiam ser melhoradas. Acho que o que pode parecer para alguns professores ousadia dos alunos, para mim mostra-se um canal de diálogo e do aprofundamento de confiança entre nós. Dentre as sugestões, a mais frequente foi a inserção de atividades experimentais e aulas dinâmicas.

As fichas ajudaram-me também a compreender certas posturas e atitudes em sala de aula, porque elas também se tornaram objeto de desabafo. Alguns alunos relataram que eu não sanava as dúvidas deles durante as aulas, que parecia que os desprezava por sentarem ao fundo da sala. Fiz questão de chamá-los para conversar e eles relataram que muitas vezes me chamavam e eu não os atendia ou demorava para ir até eles. Expliquei que a turma era composta por muitos alunos, que nem sempre era possível escutar e atender a todos e, por isso mesmo, havia criado as fichas, pois elas poderiam minimizar a falta de eficiência, de tempo e até de competência para gerenciar certas situações da sala de aula. Pedi desculpas e passei a prestar mais atenção nesses alunos. Considero que esse instrumento proporcionou melhora na minha relação com alguns alunos.

Para os estudantes, as fichas proporcionaram liberdade para se expor, colocar questões às vezes difíceis de serem faladas na frente de todos. Considero que ao sentirem que suas dúvidas, anseios ou sugestões estavam sendo acolhidos, foram tornando-se mais seguros e passaram a participar melhor das aulas. Como foi o caso de uma aluna que estava com o desempenho ruim em todas as disciplinas e um elevado quantitativo de faltas. Percebi que a mesma estava desinteressada e não participava das aulas. Resolvi mostrar que a sua participação era importante e enriquecia a todos. Durante a aula em que exploramos o câncer, essa aluna relatou que o pai estava em fase terminal da doença e, nesse momento, foi possível compreendermos sua apatia na escola.

Dessa forma, a ficha faz toda diferença em sala de aula para a relação afetiva professor-aluno. Esse estreitamento da relação proporciona que o professor entenda problemáticas que influenciam o processo de ensino-aprendizagem e que raramente tem espaço nas salas de aula convencionais. Muitas vezes, isso nem é pela falta de abertura do

professor, mas pelo tempo corrido que temos juntos e a preocupação excessiva em cumprir os planos de ensino. Para Fita (2003, p.92), “o tipo de relação que estabelecemos com os alunos pode gerar uma confiança e um aumento de atenção que são condições indispensáveis para aprendizagem”. Esse instrumento pode ajudar o professor a desenvolver uma aula mais interativa, voltada para as necessidades reais da turma.

Além disso, todas as aulas os alunos deveriam avaliar a aula com nota de 0 a 5. Elaboramos a tabela 12, com as notas contidas nas fichas de avaliação de aprendizagem de cada aula (encontro).

Tabela 12 - Avaliação de cada encontro realizadas pelos alunos.

| <i>Encontro/ Turma</i> | <i>Quantidade de alunos que avaliaram a aula com NOTA 1</i> | | <i>Quantidade de alunos que avaliaram a aula com NOTA 2</i> | | <i>Quantidade de alunos que avaliaram a aula com NOTA 3</i> | | <i>Quantidade de alunos que avaliaram a aula com NOTA 4</i> | | <i>Quantidade de alunos que avaliaram a aula com NOTA 5</i> | |
|----------------------------|---|----|---|----|---|----|---|----|---|----|
| | TX | TY | TX | TY | TX | TY | TX | TY | TX | TY |
| <i>1º Encontro</i> | - | - | - | - | 2 | 5 | 3 | 13 | 13 | 10 |
| <i>2º Encontro</i> | - | - | - | - | 2 | 4 | 8 | 11 | 11 | 4 |
| <i>3º Encontro</i> | - | 1 | - | 2 | | 7 | 8 | 7 | 11 | 11 |
| <i>4º Encontro</i> | - | - | 1 | - | 2 | 3 | 5 | 3 | 10 | 5 |
| <i>5º Encontro</i> | - | - | - | - | 1 | 2 | 8 | 4 | 8 | 1 |
| <i>6º Encontro</i> | - | - | 3 | - | 2 | 4 | 3 | 5 | 11 | 7 |
| <i>7º Encontro</i> | - | 2 | - | - | 1 | - | 1 | 2 | 15 | 13 |
| <i>8º Encontro</i> | | 2 | - | - | 1 | - | 1 | 2 | 15 | 13 |

Ressaltamos que o 9º encontro foi dado uma ficha de avaliação final, que abarca outros aspectos com maior profundidade e cuja discussão aparecerá no item 4.8 dessa dissertação. Pela tabela 12 podemos dizer que boa parte dos alunos estavam satisfeitos com as aulas, apesar de observamos que o quantitativo de fichas respondidas diminuiu no decorrer da aplicação. Não responder a ficha foi uma forma que alguns alunos encontraram de mostrar insatisfação com o fato do conteúdo explorado não ser Química Orgânica.

No subitem 4.8, exploramos a avaliação final feita por nossos alunos sobre cada recurso utilizado, a metodologia desenvolvida, o rendimento do aluno, o domínio de conteúdo do professor, entre outros aspectos.

3.7. DAS DIFICULDADES DURANTE A APLICAÇÃO DA PAPD

Durante o desenvolvimento da PAPD, vivenciei algumas dificuldades que me fizeram repensar sobre os condicionantes que influenciam o processo ensino-aprendizagem e o meu fazer docente.

As salas das duas turmas TX e TY estão localizadas na frente para a quadra poliesportiva. Como a sala não possuía ventilador, era inviável manter as janelas fechadas e, por diversas vezes, os alunos prestavam atenção no que acontecia fora da sala de aula. Isso atrapalhou o desenvolvimento das aulas e, por diversas vezes, tive que chamar atenção dos alunos e repetir o que estava falando.

Outro ponto que merece ser relatado é como funciona a dinâmica de deslocamento durante o período de aulas. Nessa escola, os alunos permanecem em uma única sala e os professores peregrinam pelas classes. A cada aula é preciso montar no início e desmontar no final todo e qualquer material utilizado, como o *datashow*. Praticamente, meus intervalos eram perdidos e, muitas vezes, não conseguia sequer lancha ou ir ao banheiro.

Além disso, o período de lanche dos alunos também atrapalhava o início das aulas. No dia em que a comida era galinhada, por ter uma demanda muito grande, o intervalo era estendido cerca de 5 a 10 minutos. Mesmo quando retornávamos para sala, muitos alunos chegavam atrasados e outros entravam na sala lanchando. Com isso, perdíamos um tempo considerável de aula.

Contudo, de todas as dificuldades vivenciadas durante aplicação da PAPD, a maior delas foi em relação aos próprios alunos. Os questionamentos constantes sobre o conteúdo abordado, devido à mudança do planejamento estabelecido pela escola no início do ano letivo. Alguns estudantes me interpelaram de forma ríspida e isso foi muito difícil de enfrentar. Uma aluna em especial me questionou diversas vezes porque não estava ministrando aulas de Química Orgânica. Ela conversou com outros alunos e professores na tentativa de interromper a aplicação da proposição. Expliquei mais de uma vez que a turma não seria prejudicada e que

todo o conteúdo previsto seria ministrado. No dia em que informei a PAPD seria finalizada, tive uma longa conversa com a turma e acabei me emocionando, mas solicitei o apoio de todos. A aluna deixou de fazer as atividades e de frequentar as aulas e também acabou levando a situação para o Conselho de Classe. Explicar-me diante de todos também foi muito difícil e confesso que tive vontade de desistir. Cheguei a questionar minha orientadora se deveríamos seguir com a proposta e se realmente eu estava fazendo o certo.

Esse fato influenciou diretamente a minha relação com os alunos, o rendimento de algumas atividades. “Para aprender, necessitam-se dois personagens (ensinante e aprendiz) e um vínculo que se estabelece entre ambos. (...) Não aprendemos de qualquer um, aprendemos daquele a quem outorgamos confiança e direito de ensinar” (FERNÁNDEZ¹⁴, 1991, p. 47 e 52 citado por TASSONI, 2000).

Tudo isso, no entanto, trouxe muitas reflexões acerca de que profissional estou lutando para me tornar. Afinal, o que quero? Ser uma professora que consegue dar todos os conteúdos previstos no currículo para que os alunos tenham a chance apenas de passar numa prova de vestibular? Ou ser uma professora que trabalha os conhecimentos de Ciência para promover uma educação reflexiva e significativa? Minha busca pelo mestrado profissional e o desenvolvimento da PAPD tiveram a intensão de romper com o ensino tradicional, memorístico e acrítico. A proposta desse trabalho considerou a articulação do cotidiano do aluno aos conhecimentos escolares, a processos de conscientização e a tomada de decisão diante de problemáticas que envolvem a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade. Por esse motivo, continuamos a aplicação do PAPD, porque acreditamos que essa proposta vai além do preparo para exames, estamos voltados para o uso dos conhecimentos da Ciência na vida diária.

3.8. A PERCEPÇÃO DOS ALUNOS EM RELAÇÃO À METODOLOGIA DESENVOLVIDA

Ao final da aplicação do PAPD, foi entregue uma ficha de avaliação mais completa, na qual nossos alunos tiveram que avaliar os recursos de ensino-aprendizagem utilizados, as atividades realizadas e o processo de desenvolvido. Utilizamos um questionário com perguntas abertas (subjetivas) e fechadas (objetivas).

¹⁴ FERNÁNDEZ, A. A inteligência aprisionada. Porto Alegre: Artes Médicas. 1991.

No que se refere as questões objetivas, montamos uma tabela e os alunos teriam que marcar uma alternativa avaliando o uso dos recursos, dentre as seguintes opções: Ruim, Regular, Bom, Muito Bom e Excelente. Abaixo, a tabela 13 mostra as respostas dos alunos. Essa ficha foi respondida por 24 alunos do TX e 24 alunos do TY.

Tabela 13 - Classificação das respostas dos estudantes quanto à avaliação dos recursos e atividades utilizadas.

| <i>Recurso</i> | <i>Avaliação dos alunos sobre os recursos utilizados</i> | | | | | | | | | |
|---|--|----------|----------------|----------|------------|----------|------------------|----------|------------------|----------|
| | Ruim | | Regular | | Bom | | Muito Bom | | Excelente | |
| | X | Y | X | Y | X | Y | X | Y | X | Y |
| <i>Apresentação em Power Point</i> | - | - | 1 | - | 10 | 10 | 7 | 5 | 6 | 8 |
| <i>Música “O sol”</i> | | | 6 | | 7 | | 4 | | 6 | |
| <i>Vídeo: “ondas eletromagnéticas”</i> | - | - | 1 | - | 8 | 11 | 10 | 10 | 5 | 4 |
| <i>Vídeo das Profissões</i> | - | - | 3 | - | 2 | 6 | 9 | 10 | 8 | 8 |
| <i>Vídeo “A saga do prêmio Nobel”</i> | - | - | 2 | - | 8 | 5 | 7 | 8 | 7 | 10 |
| <i>Experimento de Micro-ondas</i> | - | - | 3 | - | 1 | 5 | 9 | 13 | 11 | 6 |
| <i>Experimento do CD (arco-íris)</i> | 1 | - | 2 | - | 5 | 7 | 6 | 6 | 10 | 9 |
| <i>Experimento da presilha de cabelo e contos coloridas</i> | - | - | - | 1 | 5 | 10 | 6 | 7 | 13 | 4 |
| <i>Texto do controle Remoto</i> | - | - | 2 | 2 | 9 | 7 | 7 | 6 | 6 | 6 |
| <i>Texto Radiação Ultravioleta</i> | - | - | 3 | 2 | 7 | 10 | 8 | 9 | 6 | 3 |
| <i>Atividades de sala</i> | - | - | 4 | 3 | 5 | 12 | 7 | 6 | 8 | 3 |
| <i>Atividades de casa</i> | 2 | - | 6 | 4 | 4 | 11 | 6 | 4 | 6 | 2 |
| <i>Questões de Química na prova global</i> | - | 1 | 1 | - | 5 | 9 | 8 | 5 | 8 | 8 |
| <i>Fichas de avaliação de aprendizagem</i> | - | - | 3 | 2 | 3 | 7 | 9 | 11 | 7 | 4 |
| <i>Desempenho da professora</i> | - | - | 1 | - | 6 | 1 | 8 | 11 | 9 | 12 |
| <i>Seu desempenho nas aulas</i> | - | - | 5 | 7 | 14 | 11 | 5 | 5 | - | 1 |

Observamos na tabela 13 que a maioria dos alunos do TX classificou os experimentos utilizados nas aulas como excelente ou muito bom. Isso não significa necessariamente que houve uma compreensão dos conteúdos abordados como já discutimos no item 4.5, fato esse também comentado por Silva, Machado e Tunes (2010). Esses dados mostram somente que as atividades experimentais foram bem avaliadas pelos alunos, dando-nos a entender que essa pode ser uma estratégia utilizada em outras ocasiões, desde que cuidadosamente preparada e explorada para alcançarmos uma melhor aprendizagem.

Percebe-se também na tabela que boa parte das respostas se concentra em avaliar os vídeos como bom e muito bom. Os percentuais variam discretamente com relação aos diferentes vídeos e o número de alunos é praticamente o mesmo nas duas turmas para cada um dos vídeos. Com isso, podemos dizer, que os vídeos foram uma estratégia pedagógica que permitiu uma complementação, exploração, aprofundamento dos conceitos, além de uma aproximação com o cotidiano do aluno. Assim, esse recurso permitiu a exploração das linguagens e dos códigos da sociedade urbana (MORAN, 1995).

Notamos também na tabela 13 que a maioria dos nossos alunos apontou o uso dos dois textos como um recurso bom e muito bom. Os alunos compreenderam que os textos utilizados buscaram integrar discussões de conceitos da Ciência às aplicações no cotidiano. Referente ao primeiro texto, Controle Remoto, percebe-se uma pequena diferença entre a turma TX e a TY. No que se refere ao segundo texto, Radiação Ultravioleta, houve uma inversão, ou seja, mais alunos de TY avaliaram melhor o recurso. Dessa forma, consideramos que os textos subsidiaram discussões feitas na sala de aula com uma abordagem interdisciplinar, promovendo a superação da visão fragmentada nos processos de produção, socialização do conhecimento e integração dos saberes (THIESEN, 2008).

Ainda por meio da tabela 13 percebe-se que grande parte da turma TX classificou as atividades de sala como muito bom (5 alunos) e excelente (8 alunos) e as atividades de casa como regular (6 alunos), muito bom (6 alunos) e excelente (6 alunos). Os alunos da turma TY apontaram as atividades de sala como bom (12 alunos) e muito bom (6 alunos) e as atividades de casa como regular (4 alunos), bom (11 alunos) e muito bom (4 alunos). Ressaltamos que esses dados não são compatíveis com os comentários feitos pelos alunos no decorrer das aulas, que reclamavam do excesso de atividades. Esse assunto, inclusive, foi alvo de comentários negativos durante o Conselho de Classe da Escola.

Destacamos que o uso das fichas de avaliação durante as aulas foi avaliado pela maioria dos nossos alunos como muito bom (9 alunos) e excelente (7 alunos) pelo TX e bom (7 alunos) e muito bom (11 alunos) pelo TY. Ressaltamos que foi sugerido por nossos alunos no Conselho de Classe que essas fichas fossem utilizadas em todas aulas e por todas as disciplinas, principalmente no que diz respeito aos alunos considerados especiais, pois os mesmos conseguem expressar-se melhor e pontuar suas dificuldades nas fichas de avaliação.

O que chamou nossa atenção foi uma boa avaliação do desempenho docente, já que as respostas se concentraram em muito bom (8 alunos do TX e 11 alunos do TY) e excelente (9

alunos do TX e 12 alunos do TY), apesar dos problemas já relatados. Parece contraditório os alunos elogiarem o desempenho docente, inclusive durante o Conselho de Classe, quando observamos tanta resistência à abordagem do conteúdo explorado em nossa proposição ao invés de Química Orgânica. Há que se ressaltar que apesar de ter sido contratada logo no início do ano letivo para lecionar nessa escola, não participei da elaboração do Plano da Disciplina de Química, que deve ter sido realizada no ano anterior ou no período de recesso. Entendo que todo professor deve participar da programação do conteúdo a ser abordado junto aos alunos, da escolha de livro didático, da metodologia a ser usada e não somente adequar-se a uma programação pré-existente. Creio que ao aceitar a inserção da nossa proposta em sala de aula, a Direção sinalizou que tem compreendido que o professor deve ter autonomia para trabalhar. Por outro lado, não houve nenhuma intervenção em minha defesa.

Além das perguntas diretas, nossa avaliação também consistiu de perguntas abertas e subjetivas. A subjetividade permite que conheçamos sua visão de mundo, sua opinião a respeito de algo. Segundo Lima e Castanho (2011), a compreensão da subjetividade está nas interseções entre o indivíduo e o social, a emoção e a cognição na aprendizagem.

A questão 4 da ficha de avaliação solicitava que fossem destacados os pontos positivos de cada aula. Abaixo demos destaque as principais respostas:

Tabela 14 – O número de vezes que os pontos positivos explicitados sobre cada aula foram indicados na ficha de avaliação pelos alunos das turmas TX e TY durante cada aula da proposição.

| <i>Principais pontos positivos apontados pelos alunos</i> | <i>TX</i> | <i>TY</i> |
|---|-----------|-----------|
| <i>Uso de experimentos</i> | 5 | 5 |
| <i>Explicação detalhada</i> | 11 | 7 |
| <i>Aplicações</i> | 2 | 5 |
| <i>Aprendizado</i> | 3 | 4 |
| <i>Aula interativa</i> | 2 | |
| <i>Aula dinâmica</i> | 5 | 1 |
| <i>Recursos</i> | 2 | 1 |
| <i>Metodologia</i> | 2 | 2 |

O ponto positivo de maior destaque foi a “explicação detalhada” e o “uso de experimentos”. Essas respostas são compatíveis com a avaliação da tabela 15. Ainda nossos alunos citaram: o aprendizado proporcionado durante as aulas, as mesmas serem interativas e dinâmicas, os recursos e metodologias e a exploração das aplicações em nossas aulas.

Interligado as aplicações, pedimos uma descrição de uma situação real de extrema importância que se faz necessária sobre radiação e radioatividade. Na tabela 15 resumimos as principais respostas.

Tabela 15 - Respostas dos alunos referente a descrição de uma situação real de extrema importância que utiliza Radiação e Radioatividade.

| <i>Situações reais</i> | <i>TX</i> | <i>TY</i> |
|---|-----------|-----------|
| <i>Aparelho de micro-ondas</i> | 3 | 2 |
| <i>Raios ultravioletas</i> | 4 | 1 |
| <i>Exames de Raios X</i> | 6 | - |
| <i>No diagnóstico e tratamento médicos</i> | 7 | 13 |
| <i>Exames de provas e vestibulares</i> | 1 | - |
| <i>Mudança da visão negativa</i> | 1 | - |
| <i>Cuidados/precauções referentes a acidentes radioativos</i> | - | 3 |

Essas respostas mostram que as situações apontadas pelos alunos se concentram em questões relativas à saúde, contexto escolhido nesse trabalho para mostrar a relevância do conhecimento científico para nossas vidas nessa área.

Nessa avaliação, também foi solicitado aos alunos que apontassem aspectos negativos em relação ao conjunto de aulas, resultados que podem ser vistos na tabela 16.

Tabela 16 - O número de vezes que os pontos negativos explicitados sobre cada aula foram indicados na ficha de avaliação pelos alunos das turmas TX e TY durante cada aula da proposição

| <i>Pontos negativos</i> | <i>TX</i> | <i>TY</i> |
|--------------------------------------|-----------|-----------|
| <i>Conteúdo extenso/cansativo</i> | 4 | 3 |
| <i>Excesso de atividades</i> | 5 | 7 |
| <i>Falta de interesse dos alunos</i> | 4 | 1 |
| <i>Explicação confusa</i> | 1 | 1 |
| <i>Falta de dinâmica</i> | 0 | 1 |
| <i>Postura da professora</i> | 2 | 1 |
| <i>Experimentos na sala de aula</i> | 0 | 2 |

Um ponto que chamou atenção neste item foi a quantidade de alunos que considerou o excesso de atividades como ponto negativo. Essas respostas são compatíveis com as reclamações feitas por eles durante as aulas e no Conselho de Classe, porém são contraditórios com os dados da tabela 13.

Ainda com relação as tarefas, perguntamos se as atividades de sala e de casa ajudaram no aprendizado. Em resposta, vinte (20) alunos de cada turma (TX e TY) avaliaram

positivamente, ou seja, não houve nenhum aluno que respondesse não, mas 4 estudantes de TX e 3 de TY disseram que *às vezes* as tarefas ajudavam. Apesar de apontarem as atividades como sendo um ponto negativo, consideraram que elas ajudam no aprendizado. A contradição reflete pouca maturidade dos alunos em compreenderem que as atividades são importantes no processo ensino-aprendizagem e no estabelecimento da autonomia. Garrido, Castro e Carvalho¹⁵ (1995 citado por ROCHA; CARMO; ULBRICH, 2014) apontam a importância das tarefas na construção do conhecimento: “é preciso que sejam realizadas diferentes atividades, que devem estar acompanhadas de situações problemas e levando à introdução de conceitos para que os alunos possam construir seu conhecimento”.

Na tabela 16 aparece que alguns alunos consideraram os conteúdos extensos e cansativos. Acreditamos que esse resultado é reflexo das reclamações em relação à abordagem do tema no lugar de Química Orgânica.

Depreendemos por meio das fichas de avaliação e da avaliação final que o uso de recursos: vídeo, textos e experimentos ajudaram a exploração do tema e a inter-relação desses com suas aplicações. Enfatizamos que o uso dos recursos pode facilitar e auxiliar o processo de ensino-aprendizagem, contribuindo para um ensino que rompe com o ensino convencional. Para Silva e colaboradores (2012), o uso de recursos didáticos pode trazer vantagens e benefícios, podendo despertar inclusive a motivação e aguçar curiosidades, criatividade e habilidades.

Salientamos que a avaliação dos alunos foi um importante retorno para nosso trabalho, visto que ela nos possibilita equacionar as principais deficiências, otimizar os recursos e refletir sobre a relação aluno-professor no processo ensino-aprendizagem.

Avaliar a qualidade do ensino é uma tarefa por demais difícil e complicada para basear-se unicamente na opinião dos alunos. Por outro lado, é difícil conceber-se uma avaliação de qualidade do ensino sem levar em conta o que pensam os alunos, pois eles constituem a audiência para a qual o ensino é dirigido (MOREIRA, 2013, p. 110).

3.9. SOBRE O PROCESSO VIVENCIADO NA FORMAÇÃO DOCENTE

Apesar de pouco tempo como professora, diversos questionamentos acerca do atual ensino fizeram-me refletir qual é o papel do professor na vida dos educandos. Em sala de aula, é constante a observação da insatisfação dos alunos frente ao ensino de Ciências atual.

¹⁵ Garrido, E.; Castro, R. S.; Carvalho, A. M. P. *El papel de las actividades en la construcción del conocimiento en clase*. Investigación en la Escuela, 25, p. 61-70, 1995.

Ensinar os conteúdos ditos puros não tem incentivado nossos alunos, pelo contrário, existe uma cobrança por parte deles para que os conhecimentos científicos façam sentido e seja aproveitado na sua vida diária.

Se por um lado alunos cobram que os conhecimentos científicos tenham uma significação social, por outro lado, outros assustam-se diante de aulas diferenciadas. Pelas vivências em salas de aulas, esses alunos estão presos ao ensino acrítico e pautado em processos de memorização. Eles incorporaram o discurso “aprender para obter aprovação no vestibular”, perpetuado por grande parte dos professores. Posso dizer que vivenciei essa dualidade durante a aplicação da PAPD, isto é, alunos que se mostravam motivados em entender e discutir as aplicações da Ciência no seu dia a dia ao mesmo tempo em que estavam preocupados em aprofundar-se nos conteúdos, principalmente aqueles voltados para o exames e provas de vestibular.

Essa situação levou-me a refletir e a buscar esclarecimentos nos documentos oficiais. A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, Lei 9.394 de 20 de dezembro de 1996, em seu artigo 22 estabelece as finalidades da educação básica, como: “desenvolver o educando, assegurar-lhe a formação indispensável para o exercício da cidadania e fornecer-lhes meios para progredir no trabalho e nos estudos posteriores”. Isso é reforçado em seu artigo 35, que estabelece como objetivo geral da educação básica: “proporcionar aos educandos a formação necessária ao desenvolvimento de suas potencialidades como elemento de auto realização, preparação para o trabalho e para o exercício consciente da cidadania” (BRASIL, 1996). Já os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2000) indica como os conteúdos devem ser trabalhados:

A aprendizagem de conteúdos deve necessariamente favorecer a inserção do aluno no dia-a-dia das questões sociais marcantes e em um universo cultural maior. A formação escolar deve propiciar o desenvolvimento de capacidades, de modo a favorecer a compreensão e a intervenção nos fenômenos sociais e culturais, assim como possibilitar aos alunos usufruir das manifestações culturais nacionais e universais.

Ambos documentos indicam que o ensino deve se inter-relacionar a realidade em que o aluno está inserido, oportunizando um olhar crítico acerca dessa realidade e promovendo a formação cidadã. Ainda, procuramos verificar se as provas de acesso ao ensino superior estão em consonância com os documentos oficiais. De acordo com o Instituto Nacional de Estudos

de Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), a avaliação dos estudantes por meio do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) busca:

[...] avaliar os alunos concluintes do ensino médio no sentido da formação do cidadão crítico e ativo, convidando o jovem a assumir a atitude de questionamento, dúvida e curiosidade, para encontrar respostas às questões nucleadoras que envolvem a vida social e o patrimônio cultural que nos foi legado. Para tal, utiliza-se de três eixos organizadores na elaboração dos itens da prova: a contextualização, a situação-problema e a interdisciplinaridade. (2005, p. 67)

Depois de analisar criteriosamente esses documentos, podemos dizer que a Proposição de Ação Docente Profissional que desenvolvemos para esse trabalho atendia ao que se encontra estabelecido para o ensino médio e, que ao nosso ver, é pouco compreendido e até ignorado por professores, pais e alunos.

Outro ponto que me trouxe reflexões durante o processo de preparação e aplicação do PAPD foi a necessidade de avaliação docente constante. Percebi a relevância do professor avaliar sua prática em cada aula, pois os objetivos pensados por aula não se concretizam igualmente em diferentes turmas. Isso está de acordo com Rezende (2012), quando diz que: “Todo sujeito necessita refletir sobre sua prática, perceber-se e perceber se aquilo que desenvolve para os outros atende às expectativas e ansiedades daqueles que usufruem do seu trabalho” (p. 24).

Ainda destaco a importância de conhecer o perfil dos nossos alunos, explorar as principais necessidades e considerar sua realidade. A profissão docente requer uma minuciosa pesquisa referente ao conteúdo a ser trabalhado, estudo de estratégias, uso de recursos, exploração dos conceitos prévios dos alunos, estudo dos principais questionamentos feitos em sala de aula entre outros muitos aspectos.

Em sala de aula ainda temos o papel de motivar os alunos e, para isso é preciso que o mesmo se envolva com sua prática pedagógica, propiciando um clima encorajador, despertando habilidades, promovendo reflexões e situações favoráveis para que haja aprendizagem. Para que esse estado seja alcançado são necessários muitos cuidados, pois:

A falta de uma boa administração do tempo, planejamentos deficientes, a sobrecarga de trabalho, a falta de envolvimento com os alunos, entre outras variáveis a que estão sujeitos, conduzem à apresentação de respostas de manutenção da situação atual, a falta de iniciativa, de interesse pela mudança e não engajamento efetivo em qualquer inovação (LIMA, 2000, p. 41).

Diante disso, defendemos que o professor tenha tempo para se envolver com a prática pedagógica, para conhecer seus alunos, dedicar-se a produção das suas aulas, fazer a integração dos saberes das diferentes áreas, avaliar-se e busque inovar os recursos e as estratégias de ensino. A revisão dos planejamentos de aulas é muitas vezes necessária, em função do andamento das aulas, do acompanhamento dos alunos de seus questionamentos, dos resultados das avaliações entre muitos outros aspectos. Cunha (2004) resume bem aspectos do caminho trilhado pelo profissional professor.

A formação do educador é um processo, acontecendo no interior das condições histórica que ele mesmo vive. Faz parte de uma realidade concreta determinada, que não é estática e definitiva. É uma realidade que se faz no cotidiano. Por isso, é importante que este cotidiano seja desvendado. O retorno permanente da reflexão sobre a sua caminhada como educando e como educador é que pode fazer avançar o seu fazer pedagógico. (p.169)

Destaco aqui, a importância do mestrado profissional para a minha formação docente. Este trabalho impeliu-me a pesquisar para elaboração de uma Proposição de Ação Profissional Docente, que permitisse um processo ensino-aprendizagem problematizador, atendendo a formação de indivíduos mais conscientes das possibilidades e limitações da Ciência. Isso demandou muita dedicação, trabalho e reflexões profundas, contribuindo com meu amadurecimento profissional e o preenchimento de lacunas deixadas pela formação inicial.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um dos principais motivos que nos conduziu ao desenvolvimento deste trabalho foi a constante observação da insatisfação dos alunos com o ensino convencional dos conteúdos de Ciências, pois para eles os conhecimentos da Ciência deveriam estar atrelados a sua vida cotidiana. Percebemos ainda, que alguns conteúdos os instigam mais que outros, pois estão presentes nas informações que eles têm acesso por meio das diferentes mídias. Minha vivência em sala de aula tem mostrado que os estudantes têm curiosidade em relação ao conteúdo de radiação eletromagnética e radioatividade e, ao mesmo tempo, carregam concepções equivocadas sobre as consequências do uso de tecnologias baseadas nos fenômenos de radioatividade.

Por esses motivos, procurei conhecer mais sobre a temática, estudei metodologias, pesquisei recursos e materiais didáticos para preparar e aplicar a Proposição de Ação Profissional Docente. Nosso objetivo foi fazer articulações de diferentes saberes, permitindo-nos um ensino problematizador na perspectiva de promover o pensamento crítico e reflexivo.

Durante o mestrado profissional em Ensino de Ciências, pesquisamos na literatura artigos, dissertações e teses que nos apresentassem abordagens sobre radiação eletromagnética e radioatividade, em aulas de Ciências, preferencialmente com enfoque CTS. Diante disso, buscamos responder em nosso trabalho a pergunta de pesquisa: “Como contribuir para a compreensão/ significação de conceitos relativos à radiação eletromagnética e radioatividade a partir de uma abordagem CTS em aulas de Química no Ensino Médio, contrapondo-se a visão negativa disseminada em livros (PNLEM e PNLD), jornal, revistas, entre outras fontes?” Desenvolvemos uma Proposição de Ação Profissional Docente explorando a radiação eletromagnética e a radioatividade, articulando os conceitos e conhecimentos da Ciência as suas aplicações, vantagens, desvantagens e interações ambientais.

Assim, a partir de uma pesquisa criteriosa, selecionamos os principais conceitos que deveriam ser trabalhados em sala de aula e a aplicação dos mesmos. Nossa PAPD foi desenvolvida em nove aulas e centrou nas seguintes discussões: espectro eletromagnético – comprimento de onda, frequência, energia, ondas, radiações eletromagnéticas e aplicações; radiação ionizante e não ionizante – principais diferenças, profissões da área da saúde que trabalham com equipamentos que fazem uso de radiações ionizantes, usos na medicina (diagnósticos e tratamentos médicos) e na produção de energia; radioatividade - partículas,

meia vida, radioisótopos e descarte de resíduos.

Procuramos ainda, utilizar na sala de aula diferentes recursos e estratégias didáticas, como experimentos, vídeos, slides, leitura e discussão de textos, utensílios tecnológicos, música etc. com o objetivo de motivar nossos alunos a envolverem-se nas aulas.

Durante as realizações das tarefas, observei que os alunos se sentiram motivados com temas relacionados ao seu cotidiano. Adicionalmente, esses alunos envolveram-se nas discussões e debates em sala de aula, apresentando os seus pontos de vista, as principais dúvidas e levantando reflexões acerca de temas sócio científicos. Acreditamos que essa abordagem desenvolvida em nosso trabalho colaborou para a formação de cidadãos mais críticos e capazes de posicionarem diante das questões que envolvem radiação eletromagnética e radioatividade.

Outra atividade que foi bem explorada e bem aceita por nossos alunos foi a experimentação. Utilizamos como ponto de partida os conhecimentos prévios dos alunos sobre os fenômenos que envolvem a radiação não ionizante. A partir desses conhecimentos foi possível promover o conflito de informações e a reformulação de ideias. Ainda, durante a realização dos experimentos foi possível integrar os conhecimentos da Ciência às questões políticas, sociais, econômicas, ambientais, éticas, entre outras.

Outro fato que merece destaque é a ficha de avaliação de ensino-aprendizagem. A aplicação das fichas teve como objetivo acompanhar o desenvolvimento dos alunos nas aulas, avaliar a metodologia adotada, sanar dúvidas e curiosidades, sugestões, entre outros. Nas primeiras aulas, os alunos não se sentiram à vontade em expor suas dúvidas, mas a partir da percepção que suas necessidades vinham sendo atendidas, eles passaram a incorporá-las em suas atividades diárias. Podemos observar que as fichas proporcionaram uma maior participação dos estudantes mais tímidos, colaboraram para uma aproximação mais efetiva entre professor e aluno e permitiram avaliar o progresso dos alunos referente a apreensão dos conteúdos.

A análise dos dados obtidos nessa dissertação nos leva a inferir que a metodologia adotada, as estratégias de ensino utilizadas e a abordagem CTS com enfoque interdisciplinar e contextualizado mostraram ser um caminho promissor para auxiliar os alunos no rompimento da visão negativa sobre radiação eletromagnética e radioatividade, bem como auxiliaram no desenvolvimento de uma visão mais crítica sobre o uso das tecnologias relacionadas a esse conhecimento. Isso foi observado ao percebermos que os alunos conseguiram, ao final da

aplicação do PAPD, apontar aplicações dessas temáticas, bem como reconhecer benefícios e malefícios do uso da tecnologia que envolvem esses conhecimentos. Além disso, eles conseguirem identificar aspectos sociais, tecnológicos, econômicos, políticos e ambientais associados à radiação eletromagnética e à radioatividade.

Apesar dos aspectos promissores, percebemos que durante a aplicação do PAPD os alunos apresentaram dificuldade na identificação de unidade de medidas e na transformação de unidades. Foram necessárias intervenções e apesar da dedicação para solucionar esse problema, percebemos a necessidade da realização de um trabalho em parceria com colegas de outras disciplinas como matemática e física, por exemplo. Essa deficiência de nossos alunos vem se arrastando ao longo dos anos escolares, visto que identificar unidades e saber transformá-las perpassa conteúdos desde o ensino fundamental. Esse é um conteúdo muito importante para o cotidiano dos alunos.

Além dessa dificuldade, enfrentamos outras, como o tempo de duração das aulas, a falta de recurso da escola para cobrir a impressão do material didático, a suspensão de algumas aulas para atender a demandas não necessariamente programadas, o elevado nível de ruído durante as aulas em função do uso da quadra poliesportiva, a dificuldade de alguns alunos aceitarem nossa proposta, visto que saímos do cronograma previsto pela escola para atender o programa do PAS/ENEM, entre outros.

À vista do que foi exposto, acreditamos que este trabalho pode ajudar a ampliar o conhecimento dos alunos sobre radiação eletromagnética e radioatividade, ressaltando, os benefícios e os malefícios do seu uso. Ainda, nosso trabalho explora aplicações e conceitos que não estão abordados na maioria dos livros didáticos, como o uso de radioisótopos na medicina, os profissionais de saúde que trabalham com radiação ionizante e o regime especial de trabalho ao qual são submetidos, os efeitos da radiação ionizante no corpo humano e os tratamentos médicos. Assim sendo, confiamos que a implementação desta proposta de ensino pode auxiliar professores de Química, Física e Biologia como fonte de informação, uso de estratégias e recursos didáticos, ampliando conhecimentos e proporcionando uma visão crítica acerca da Ciência e da Tecnologia.

REFERENCIAS

AIKENHEAD, G. S. What is STS Science teaching? In: SOLOMON, J. AIKENHEAD, G. S. (Org.). STS education: international perspectives on reform. New York: Teachers College Press, 1994.

AGUIAR, V. F. As dificuldades enfrentadas por alunos e professores no processo de ensino e aprendizagem das técnicas de leitura e interpretação textual. **Revista Científica**, 2009. Disponível em: <<http://faculdadeatenas.edu.br/arquivos/NucleoIniciacaoCiencia/RevistaCientifica/REVISTA%20CIENTIFICA%202009/1DIFENF.pdf>>. Acesso em: 29 jun. 2016.

ALMEIDA, M.J.P.M., RICON, A.E. Ensino da Física e Leitura, in, **Leitura Teoria e Prática**, v. 10, n. 18, 1991.

ARAÚJO, A. B.; SILVA M. A. da. Ciência, tecnologia e sociedade: possibilidades de integração no currículo da educação profissional tecnológica. **Revista Ensaio**. v. 14, n. 1, 2012. Disponível em: <<http://www.portal.fae.ufmg.br/seer/index.php/ensaio/article/view/663/797>>. Acesso em: 4 abr. 2015.

AULER, D. Alfabetização científico-tecnológica: um novo “paradigma”? **Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 5, n. 1, mar. 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/epec/v15n3/1983-2117-epec-15-03-00149.pdf>>. Acesso em: 07 jun. 2016

_____. Enfoque Ciência-Tecnologia-sociedade: pressupostos para o contexto brasileiro. **Ciência & Ensino**, v. 1, n. especial, 2007.

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

ASSIS, S. G.; CONSTANTINO, P.; AVANCI, J. Q. **Impactos da violência na escola. Um diálogo com professores**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2010. v. 1500. 259 p. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2011001100023>. Acesso em: 7 jun. 2016.

BARBOSA, L. C. A.; BAZZO, W. A. O uso de documentários para o debate ciência-tecnologia-sociedade (CTS) em sala de aula. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 15, n. 3, p. 149-161, 2013. Disponível em: <<http://prc.ifsp.edu.br/ojs/index.php/cienciaeensino/article/view/147/109>>. Acesso em 12 jun. 2016.

BARRA, V. M.; LORENZ, K. M. Produção de materiais didáticos de ciências no Brasil, período: 1950 a 1980. **Ciência e Cultura**, São Paulo, Brasil: Sociedade Brasileira para o

Progresso da Ciência, vol. 38, n. 12, p. 1970-1983, dez. 1986. Disponível em: <http://digitalcommons.sacredheart.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1045&context=cad_fac>. Acesso em: 02 set. 2016.

BAZZO, W. A. Ciência tecnologia e sociedade e suas implicações. In: **Ciência tecnologia e sociedade e o contexto da educação tecnológica**. Florianópolis, SC: Editora da UFSC, 1998.

BONATTO, A.; BARROS, C. R.; GEMELI, R. A.; LOPES, T. B.; FRISON, M. D. Interdisciplinaridade no Ambiente Escolar. Seminário de pesquisa em educação da região Sul, 9. 2012. **Anais eletrônicos...** Caxias do Sul, UCS, 2012. Disponível em: <<http://www.ucs.br/etc/conferencias/index.php/anpedsul/9anpedsul/paper/viewFile/2414/501>>. Acesso em: 29 out. 2015.

BRASIL. Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, 2002

_____. Exame Nacional do Ensino Médio (Enem): fundamentação teórico- Metodológica do ENEM. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). Brasília, 2005.

_____. **Lei de Diretrizes e Bases da educação Nacional**. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília, DF, 1996. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm>. Acesso em: 27 jul. 2015.

_____. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais + (PCN+) - Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Brasília: MEC 2002.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros Curriculares: Ciências Naturais. Brasília: MEC 1997. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro04.pdf>>. Acesso em: 31 jul. 2016.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros Curriculares Nacionais do Terceiro e Quarto Ciclos do Ensino Fundamental. Brasília: MEC 1998. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencias.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2016.

_____. Ministério da Educação, Secretaria do Ensino Médio. Parâmetros Curriculares Nacionais (ensino médio). Brasília: MEC 2000.

BROIETTI, F. C. D.; CELA, K. D.; SOUZA, W. Uma proposta alternativa contextualizada para o ensino de Radioatividade. In: CONGRESSO PARANAENSE DE EDUCAÇÃO EM QUÍMICA, 1, 2009, Londrina. **Anais eletrônicos...** Londrina, 2009. Disponível em: <<http://www.uel.br/eventos/cpequi/Completoespágina/18281250320090618.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2016.

BUENO, G. M. G. B. B.; FARIAS, S. A.; FERREIRA, L. H. Concepções de ensino de ciências no início do século XX: o olhar do educador alemão Georg Kerschensteiner. **Ciência & Educação**, v. 18, n. 2, p. 435-450, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v18n2/a13v18n2.pdf>>. Acesso em: 02 set. 2016.

CASTELO BRANCO, G. M. R. Atividades Experimentais de Química em Perspectiva Problematizadora: Oportunidade de Promoção do Diálogo Entre Professora e Alunos. Dissertação (Mestrado em ensino de Ciências) – Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2008. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/11976/1/2012_GeorgiaMoniqueRodriguesCasteloBranco.pdf>. Acesso em: 3 set. 2016.

CORDEIRO, M. D.; PEDUZZI, L. O. Q. Consequências das descontextualizações em um livro didático: uma análise do tema radioatividade. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 3, p. 3602, 2013. Disponível em: <<http://sbfisica.org.br/rbef/pdf/353602.pdf>>. Acesso em: 10 de out. 2015.

COSTA, P. S.; CUNHA, A. A.; AIRES, J. Análise de uma Proposta Didática sobre radioatividade a partir da História e Filosofia da Ciência. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA DE EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2011, Campinas. **Anais eletrônicos...** Campinas: UNICAMP, 2011. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R1443-3.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2015.

CUNHA, M. I. **O bom professor e sua prática**. 16. ed. Campinas: Papyrus, 2004. 182 p.

DAGNINO, R. As Trajetórias dos Estudos sobre Ciência, Tecnologia e Sociedade e da Política Científica e Tecnológica na Ibero -América. **Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**. Florianópolis (SC), v. 1, n. 2, p. 3-36, 2008.

DECONTO, D. C. S. **A perspectiva Ciência, Tecnologia e Sociedade na disciplina de metodologia do ensino de Física: Um estudo na formação de professores à luz do referencial sociocultural**. Dissertação (Mestrado em ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/109803?locale=pt_BR>. Acesso em: 22 jul. 2015.

De-NARDIN, M. H.; SORDI, R. O. Aprendizagem da atenção: uma abertura à invenção. **Revista Iberoamericana de Educación**, v. 47, n. 4, p. 7, 2008.

DUTRA, P. M. B. F. **Percepção de estudantes do ensino médio sobre o tema “radiação” e tecnologias relacionadas: ideias informais e categorias conceituais**. Dissertação (mestrado em Ciência e Tecnologia) - Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear–CDTN/CNEN, Belo Horizonte, 2010. Disponível em: <http://www.bdtcdctn.br/tde_arquivos/3/TDE-2011-08-04T104906Z-114/Publico/Dissertacao%20Patricia%20M%20B%20F%20Dutra.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2016.

EMERICH, C. M. **Ensino de ciências: uma proposta para adequar o conhecimento ao cotidiano–ênfoque sobre a água**. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências) - Instituto de ciências básicas e da saúde, Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010. Disponível em:

<<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/27441/000765026.pdf?sequence=1>>.

Acesso em: 06 jun. 2016.

FERNANDES, S. S. **Uma proposta de atividade investigativa envolvendo sistema métrico**. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <http://www.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/dissertacoes/2012_Sandro_Fernandes/dissertacao_Sandro_Fernandes.pdf>. Acesso: 05 jun. 2016.

FERREIRA, T. M. A Avaliação Diagnóstica como Ferramenta de Intervenção Pedagógica no Processo de Ensino Aprendizagem da Educação Básica. In: SEMINÁRIO DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES, 4., 2013. **Anais eletrônicos...** Uberaba, UFMT, 2013. Disponível em: <http://www.uftm.edu.br/seforprof/images/poster/13.4_A_avaliao%C3%A7%C3%A3o_diagn%C3%B3stica_como_ferramenta_de_interven%C3%A7%C3%A3o_pedag%C3%B3gica_no_processo_de_ensino_aprendizagem_da_Educa%C3%A7%C3%A3o_B%C3%A1sica.pdf>.

Acesso em: 11 jun. 2016.

FITA, E. C. O professor e a motivação dos alunos. In: TAPIA, J. A.; FITA, E. C. **A motivação em sala de aula: O que é, como se faz**. 5 ed. São Paulo: Loyola, 2003. p. 65-135.

FRANÇA, P. M. C. P. **Aquecimento global e degradação da camada de ozono: Ensino e aprendizagem no Ensino Secundário**. Dissertação (mestrado em Química para o ensino). Faculdade de Ciências – Universidade do Porto, Porto, 2002. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/9678>>. Acesso em: 28 mai. 2016.

GASPAR, A. O ensino informal de ciências: de sua viabilidade e interação com o ensino formal à concepção de um centro de ciências. **Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis**, v.9, n.2, p.157-163, ago/1992. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7493>>. Acesso em 11 ago. 2015.

GAUCHE, R.; SILVA, R. R.; MACHADO, P. F. L.; BAPTISTA, J. A.; MÓL, G. S.; SANTOS, W. L. P. Saberes e fazeres do educador químico, suas múltiplas relações e dimensões – a experiência do programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília – PPGEC/UNB. **Revista Eletrônica Educação, Saúde e Ambiente**, Niterói (RJ), v. 4, n. 2, p. 58-70, 2011. Disponível em: <<http://www.ensinosaudeambiente.com.br/edicoes/volume4/artigo7gersonmol.pdf>>. Acesso em: 12 set. 2015.

GERHARD, A. C.; ROCHA FILHO, J. B. A fragmentação dos saberes na educação científica escolar na percepção de professores de uma escola de ensino médio. **Investigações em ensino de Ciências**, v. 17, p. 125 – 145, 2010. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID287/v17_n1_a2012.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2016.

GODOY, A. S. Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais. **Revista de Administração de Empresas** - RAE, São Paulo, v. 35, n.3, p. 30-6, jan./fev. 1995. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75901995000300004>. Acesso em: 8 out. 2015.

GODOY, A. S. Refletindo sobre critérios de qualidade da pesquisa qualitativa. **Revista Eletrônica de Gestão Organizacional**, v. 3, n. 2, 2010. Disponível em: < <http://www.revista.ufpe.br/gestaoorg/index.php/gestao/article/view/136>>. Acesso em: 20 set. 2015.

GOMES, R. S.; MACEDO, S. H. Cálculo estequiométrico: o terror nas aulas de Química. **Vértices**, v. 9, n. 1, p. 149-160, 2007.

GRIZENDI, J. C. M.; SILVA, J. A. O.; FERREIRA, V. C. P. A contribuição da avaliação continuada para a melhoria do desempenho discente: relato de uma experiência. **Estação científica**, n. 6, 2008. Disponível em: < <http://portal.estacio.br/media/3304273/1-a-contribuicao-avaliacao-continuada-para-melhoria-desempenho-discente-relato-experiencia.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2016.

HARTMANN, A. M.; ZIMMERMANN, E. Feira de Ciências: a interdisciplinaridade e a contextualização em produções de estudantes de ensino médio. In: VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2009. Disponível em: < <http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viiienpec/pdfs/178.pdf>>. Acesso em: 22 jun. 2015.

HAYASHI, A. M.; PORFIRIO, N. L. S.; FAVETTA, L. R. A. A importância da experimentação na construção do conhecimento científico nas séries iniciais do Ensino Fundamental. In: SIMPÓSIO DE ENSINO DE GRADUAÇÃO, 2006, São Paulo. **Anais eletrônicos...** São Paulo, 2006. Disponível em: <<http://www.unimep.br/phpg/mostracademica/anais/4mostra/pdfs/300.pdf>>. Acesso em: 5 jun. 2016.

HODSON, D. Investigación y experiencias didacticas: hacia um enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de Las Ciencias*, v. 12, n.2, p. 299-313, 1994. Disponível em:< <http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/21370/93326>>. Acesso em: 01 set. 2016.

JOAY, A. PEREIRA, C. A., BUNHAK, K. K., BAIJUK, S., COSTA, R. R. Avaliação no ensino de ciências. In: CONGRESSO NACIONAL DA ÀREA DE EDUCAÇÃO-EDUDERE. **Anais eletrônicos...** Paraná, PUCPR, 2005. Disponível em: < <http://www.pucpr.br/eventos/educere/educere2005/anaisEvento/documentos/com/TCCI162.pdf>>. Acesso em: 13 jun. 2016.

LEITE, R. C. M.; FEITOSA, R. A. As contribuições de Paulo Freire para um Ensino de Ciências Dialógico... In: VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências e I Congresso Internacional de Investigación en Enseñanza de las Ciencias, 2011. Disponível em: < <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R0753-1.pdf>>. Acesso em: 02 jul. 2016.

LIMA, L. M. S. Motivação em sala de aula: a mola propulsora da aprendizagem. In: SISTO, F. F.; OLIVEIRA, G. C.; FINI, L. D. T. **Leituras de psicologia para a formação de professores**. Rio de Janeiro: Vozes, 2000, p. 148-161.

LIMA, B. J.; CASTANHO, M. I. S. Subjetividade, ensino e aprendizagem na educação básica: Produções em psicopedagogia. In: CONGRESSO NACIONAL DE PSICOLOGIA ESCOLAR E EDUCACIONAL, 2011, Maringá. **Anais eletrônicos...** Maringá: CONPE, 2011. Disponível em: < <http://www.abrapee.psc.br/xconpe/trabalhos/1/230.pdf>>. Acesso em: 14 jul. 2016.

LOTÉRIO, J. A dialogicidade na educação: uma experiência com a matemática. **Revista da UNIFEBE**, v. 1, n. 09, 2011. Disponível em: < <http://periodicos.unifebe.edu.br/index.php/revistaeletronicadaunifebe/article/view/71>>. Acesso em: 06 jul. 2016.

MATTHEWS, M. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995. Disponível em: < <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7084/6555>>. Acesso em: 22 jun. 2015.

MEDEIROS, M. de A.; LOBATO, A. C. Contextualizando a abordagem de radiações no ensino de química. **Revista Ensaio**, v. 12, n. 3, p. 65, set-dez, 2010. Disponível em: < <http://www.portal.fae.ufmg.br/seer/index.php/ensaio/article/viewFile/523/516>>. Acesso em: 20 ago. 2015.

MORAN, J. M. Interferências dos meios de comunicação no nosso conhecimento. **Revista Brasileira de Comunicação**. V. 07, p. 36- 49, 1994. Disponível em: <<http://www.portcom.intercom.org.br/revistas/index.php/revistaintercom/article/view/844/752>>. Acesso em: 10 jun. 2016.

MORAN, J. M. O vídeo na sala de aula. **Comunicação & Educação**, n. 2, p. 27-35, 1995. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/comueduc/article/view/36131>>. Acesso em: 8 jul. 2016.

MOREIRA, M. A. Avaliação do professor pelo aluno como instrumento de melhoria do ensino universitário. **Educação e Seleção**, n. 04, p. 109-124, 2013. Disponível em: < <http://www.fcc.org.br/pesquisa/publicacoes/es/artigos/38.pdf>>. Acesso em: 25 jun. 2016.

MORTIMER, E. F.; CHAGAS, A. N.; ALVARENGA, V. T. Linguagem científica versus linguagem comum nas respostas escritas de vestibulandos. In: **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 3, n. 1, p. 7-19, jan. 1998. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol3/n1/v3_n1_a1.htm>. Acesso em: 02 jul. 2016.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**. Porto Alegre, v. 7, n. 3, 2002.

MOTA, M. L., DUARTE, A. R. Ensino de radioatividade: uma proposta interdisciplinar e contextualizada. In: ENCONTRO DE PROFISSIONAIS DA QUÍMICA DA AMAZÔNIA, 14., 2015, Pará. **Anais eletrônicos...** Pará: UFPA, 2015. Disponível em: <<http://www.14epqa.com.br/areas-tematicas/ensino-quimica/47-P307-320-ensino-de-radioatividade-uma-proposta-interdisciplinar-e-contextualizada.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2016.

NESELLO, L. J. A experimentação como possibilidade de contemplar a interdisciplinaridade. Dissertação (Mestrado profissional em ensino de ciências exatas) – Curso de Ensino de Ciências Exatas. Centro Universitário Univates, 2010. Disponível em: <<https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/111/1/LeocirNesello.pdf>>. Acesso em: 31 ago. 2016.

OLIVEIRA, C. F. de; DIKJINGA, E. A.; SAUER, E.; NEVES, M. C. D.; SILVEIRA, R. M. C. F. Sequência didática: radioatividade no ensino de química com enfoque CTS. In: IV SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2014, Ponta Grossa. **Anais eletrônicos...** Ponta Grossa: SINECT, 2014. Disponível em: <<http://sinect.com.br/anais2014/anais2014/artigos/ensino-de-quimica/01409519848.pdf>>. Acesso em: 13 jun. 2016.

OLIVEIRA, R. S. A. P.; TORRES, B.B. Conceitos alternativos sobre radicais livres em pós-Graduandos e professores de Ensino Médio de escolas públicas. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 10., 2015, Água de Lindoia. **Anais eletrônicos...** Água de Lindoia: ENPEC, 2015. Disponível em: <<http://www.xenpec.com.br/anais2015/resumos/R0356-1.PDF>>. Acesso em: 10 jul. 2016.

ORSOLIN, L. F. S., SALLA, L. F.; SALLA, R. F. A abordagem do tema câncer nos livros didáticos de ciências do ensino fundamental e médio. **Anais eletrônicos...** Santa Maria, UFSM, 2010. Disponível em: <https://portal.ufsm.br/jai2010/anais/trabalhos/trabalho_1041204403.htm>. Acesso em: 16 jun. 2016.

PAIS, L. C. **Didática da Matemática; uma análise da influência francesa.** 2. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2002.

PEREIRA, C. L. N. A História da Ciência e a Experimentação no Ensino de Química Orgânica. Dissertação (Mestrado em ensino de Ciências) – Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2008. Disponível em: <<http://www.ppgec.unb.br/images/sampledata/dissertacoes/2008/versaocompleta/clauidionbr ega.pdf>>. Acesso em: 02 set. 2016.

PINHEIRO, N. A. M.; BAZZO, W. A.; SILVEIRA, R. M. C. F. Ciência, Tecnologia e Sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio. **Ciência & Educação**, v. 13, n. 1, p. 71-84, 2007.

POLIDORO, L. de F.; STIGAR, R. A transposição didática: a passagem do saber científico para o saber escolar. **Ciber Teologia Revista de Teologia e Cultura**, São Paulo, Ano VI, n.

27, p. 153-159, 2010. Disponível em: < <http://ciberteologia.paulinas.org.br/ciberteologia/wp-content/uploads/2009/12/02A-transposicao-didatica.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2015.

REGINALDO, C. C.; SHEID, N. J.; GÜLLICH, R. I. C. O ensino de ciências e a experimentação. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO DA REGIÃO SUL, 2012, Caxias do Sul. **Anais eletrônicos...** Caxias do Sul: UCS, 2012. Disponível em: < <http://www.ucs.br/etc/conferencias/index.php/anpedsul/9anpedsul/paper/view/2782/286>>. Acesso em: 14 de jun. 2016.

REZENDE, A. G. M. **Avaliação do desempenho docente como ferramenta de gestão para melhorar a prática pedagógica dos professores e os resultados de aprendizagem dos alunos.** Dissertação (mestrado profissional em Gestão e avaliação da Educação Pública) - Faculdade de Educação. Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2012.

ROCHA, C. R.; DO CARMO, A. B.; ULBRICH, K. F. O Laboratório de Demonstração e Ensino de Física como Instrumento de Divulgação da Ciência. **UDESC em Ação**, v. 8, n. 1, p. 228-239, 2014.

RODRIGUES, L. Z. As pesquisas sobre livros didáticos: uma análise de periódicos da área de educação em ciências. In: Reunião Científica Regional da **ANPED Sul**, 10., 2014, Florianópolis. **Anais eletrônicos...** Florianópolis: APEND, 2014. Disponível em: <http://xanpedsul.faed.udesc.br/arq_pdf/2101-0.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2015.

SÁ, M. B. Z. **O enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade nos textos sobre radiatividade e energia nuclear nos livros didáticos de Química.** Dissertação de mestrado (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Centro de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006. Disponível em: < <http://cienciaematematica.vivawebinternet.com.br/media/dissertacoes/e87646872663166.pdf>>. Acesso em: 02 jun. 2016.

SANTOMÉ, J. T. **Globalização e Interdisciplinaridade: o currículo integrado.** Porto Alegre: Artmed, 1998.

SANTOS, W. L. P. dos. **Aspectos sociocientíficos em aulas de química.** Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais, 2002.

_____. Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. **Revista Brasileira de Educação**, v. 12, n. 36, p. 474-492, set./dez. 2007 a.

_____. Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva Crítica. **Ciência & Ensino**, v.1, n. especial, p.1-12, 2007 b.

SANTOS, E. T. A. **Educação ambiental na escola: conscientização da necessidade de proteção da camada de ozônio.** Monografia (pós-graduação em educação ambiental) Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2007. Disponível em:

<<http://jararaca.ufsm.br/websites/unidadedeapoio/download/elaine07.pdf>>. Acesso em: 09 jun. 2016.

SANTOS, W. L. P. dos; AULER, D. **CTS e Educação Científica: Desafios, Tendências e Resultados de Pesquisas**. Brasília: Editora UnB, 2011.

SANTOS, N. S.; COSTA, F. J.; CHAVES, A. C. L. Efeitos positivos da utilização de recursos multimídia no processo ensino-aprendizagem de radicais livres e antioxidantes no ensino médio. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 9. 2013, Águas de Lindóia. **Anais eletrônicos...** Águas de Lindóia: ENPEC, 2013. Disponível: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/ixenpec/atas/resumos/R0405-1.pdf>>. Acesso em: 5 jul. 2016.

SANTOS, R. V. C. dos; FERRARA, N. F. Atividades curtas multi-abordagem no ensino de eletromagnetismo: emissão, propagação e recepção de ondas eletromagnéticas. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, 5, 2005, Bauru. **Anais eletrônicos...** Bauru: ENPEC, 2005. Disponível em: <http://www.cienciamao.usp.br/dados/epef/_ondaseletromagneticasean.trabalho.pdf>. Acesso em: 2 jun. 2016.

SANTOS, L. W. dos; ICHIKAWA, E. Y.; SENDIN, P. V.; CARGANO, D. F. **Ciência, Tecnologia e Sociedade: o desafio da interação**. Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná, 2002. 273p.

SANTOS, W. L. P.; MÓL, G. S. **Química cidadã**. São Paulo: Nova Geração, v. 2, 2010.

SANTOS, W. L. P. dos; MORTIMER, E. F. Tomada de decisão para ação social responsável no ensino de ciências. **Ciência e Ensino**, v.7, n. 1, p.95-111, 2001.

_____. 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.1-23, 2000.

SANTOS, W. L. P.; SCHNETZLER, R. P. **Educação em Química: Compromisso com a cidadania**. 4. ed. Ijuí (RS): Editora Unijuí, 2010, v. 1, 160p.

SILVA, L. C. M. da. **A Radioatividade como tema em uma perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade com foco em História e Filosofia da Ciência**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em ensino de Ciências) - Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2009. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/4726/1/2009_LucianaCruzMachadoSilva.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2015.

SILVA, A. J.; LOPES, A. P.; RUBEM, C. M. Dificuldades no ensino-aprendizagem de química no 2º ano do ensino médio em uma escola estadual no município de tabatinga-amazonas. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE EDUCAÇÃO EM QUÍMICA, 2014, Fortaleza. **Anais eletrônicos...** Fortaleza: SIMPEQUI, 2014. Disponível em: <

<http://www.abq.org.br/simpequi/2014/trabalhos/90/4259-17292.html>>. Acesso em: 08 jun. 2016.

SILVA, R. R.; MACHADO, P. F. L.; TUNES, E. Experimentar sem medo de errar. In: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, L. O. (ORG.) Ensino de Química em foco. Ijuí: Editora da Unijuí, Cap. 9, 2010.

SILVA, F. C. V.; MELO, D. A.; JÓFILI, Z. M. S. Estudo sobre a construção do conceito de buraco da camada de ozônio: uma tentativa de aproximação entre Ausubel e Galperin. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 8., 2011. Campinas. Disponível em: < <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R1075-2.pdf>>. Acesso em: 4 jul. 2016.

SILVA, E. F. G.; SANTOS, S. E. B. O impacto e a influência da mídia sobre a produção da subjetividade, In: Abrapso, 15, 2009, Maceió. Anais... Maceió:FITs, 2009. Disponível em: < http://www.abrapso.org.br/siteprincipal/images/Anais_XVENABRAPSO/447.%20o%20impacto%20e%20a%20influ%C3%Aancia%20da%20m%C3%ADdia.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2016.

SILVA, M. D. A. S., SOARES, I. R., ALVES, F. C., SANTOS, M. D. N. B. Utilização de Recursos Didáticos no processo de ensino e aprendizagem de Ciências Naturais em turmas de 8º e 9º anos de uma Escola Pública de Teresina no Piauí. In: CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO, 7., 2012, Palmas. **Anais eletrônicos...** Palmas: CONNEP, 2012. Disponível em: <<http://prop.ipto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/viewFile/3849/2734>>. Acesso em: 12 jun. 2016.

SILVEIRA, M. R. A. **Produção de sentidos e construção de conceitos na relação ensino/aprendizagem da matemática**. Tese (doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/6835/000491125.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 03 jun. 2016.

SOUSA, W. B. **Física das Radiações: uma proposta para o Ensino Médio**. Dissertação (mestrado em ensino de Ciências) - Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: < <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde-17092012-141621/en.php>>. Acesso em: 4 abr. 2016.

SOUZA, J. J. N. Experimentação no ensino noturno: uma proposta para o ensino de Química. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) - Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biologia, Universidade de Brasília, Universidade de Brasília, Brasília, 2013. Disponível em: < http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/15048/1/2013_JoneJuniorNeresSouza.pdf>. Acesso em: 02 set. 2016.

SOUZA, S. C. Repensando a leitura na educação em ciências: necessidade e possibilidade na formação inicial de professores. In: ENCONTRO INTERNACIONAL LINGUAGEM, CULTURA E COGNIÇÃO: reflexões para o ensino, 4., 2003, Bauru. **Anais eletrônicos...**

Bauru: USP, 2003. Disponível em: <<http://fep.if.usp.br/~profis/arquivos/ivenpec/Arquivos/Painel/PNL224.pdf>>. Acesso em: 02 jul. 2016.

SOUZA, A. J. de. ARAÚJO, M. S. T. D. A produção de raios X contextualizada por meio do enfoque CTS: um caminho para introduzir tópicos de FMC no ensino médio. **Educar em Revista**, n. 37, p. 191-209, 2010. Disponível em: <<http://www.producao.usp.br/handle/BDPI/6406>>. Acesso em: 15 jun. 2016.

STRIEDER, R. B. **Abordagens CTS na educação científica na educação no Brasil: sentidos e perspectivas**. Tese (Doutorado em Ensino de Física) – Faculdade de Educação, Instituição de Biociências, Universidade de São Paulo, 2012.

TASSONI, E. C. M. Afetividade e aprendizagem: a relação professor-aluno. In: REUNIÃO ANUAL ANPED, 23., Caxambu, 2000. **Anais eletrônicos...** Caxambu: ANPED, 2000. Disponível em: <<http://23reuniao.anped.org.br/textos/2019t.PDF>>. Acesso em: 21 mai. 2016.

TENÓRIO, A.; QUINTANA, L. S.; NUNES, W. V.; TENÓRIO, T. Análise de conteúdos de física nuclear em livros escolares brasileiros. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 14, n. 2, p. 175-199, 2015. Disponível em: <http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen14/REEC_14_2_4_ex924.pdf>. Acesso em: 22 mai. 2015.

THIESEN, J. S. A Interdisciplinaridade como um Movimento de Articulação no Processo Ensino-Aprendizagem. **Revista Brasileira de Educação**, v. 13, n. 39, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-24782008000300010>. Acesso em: 15 jun. 2016.

TONETTO, S. R. A História da Radioatividade nos livros didáticos. **História da Ciência e Ensino – construindo interfaces**, São Paulo, v. 1, p. 23-26. 2010. Disponível em: <<http://revistas.pucsp.br/index.php/hcensino/article/view/3073/2035>>. Acesso em: 30 jul. 2015.

VAZ, C. R.; FAGUNDES, A. B.; PINHEIRO, N.A.M. O surgimento da Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) na Educação: Uma revisão. In: Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia, 2009, Curitiba. **Anais eletrônicos..** Curitiba: SINECT, 2009. Disponível em; <http://www.sinct.com.br/anais2009/artigos/1%20CTS/CTS_Artigo8.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2015.

VERONEZ, K. N. S.; RECENA, M. C. P. Estudo sobre dificuldades de alunos do ensino médio com estequiometria. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 6., 2007, Rio de Janeiro. **Anais eletrônicos...** Rio de Janeiro: ABRAPEC, 2007. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/vienpec/CR2/p884.pdf>>. Acesso em: 11 jun. 2016.

APÊNDICE 1 – PROPOSIÇÃO DE AÇÃO PROFISSIONAL DOCENTE