

FÍSICA MÉDICA E ENSINO DE FÍSICA: EXAMES MÉDICOS DE DIAGNÓSTICO POR IMAGEM NUMA PROPOSTA DE ENSINO COM ELEMENTOS DO ENFOQUE CTS

(Medical Physics and Physics teaching: image diagnosis exams in a teaching proposal inspired in the STS approach)

Stefany Cris Pereira [stefanycrisp@gmail.com]

Ivanilda Higa [ivanilda@ufpr.br]

Universidade Federal do Paraná. Setor de Educação. Departamento de Teoria e Prática de Ensino e Programa de Pós-Graduação em Educação

*Rua General Carneiro, 460 – 2º andar - Campus Reitoria
Curitiba – Paraná – Brasil – 80060-150*

Recebido em: 28/01/2019

Aceito em: 16/09/2019

Resumo

O objetivo deste trabalho foi estudar possibilidades e implicações de uma proposta de ensino baseada em elementos do enfoque em Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), relacionando Ensino de Física e Física Médica. Foi elaborada e desenvolvida uma sequência didática em uma turma do Ensino Médio, na qual foram estudadas formas de diagnósticos por imagem em aulas de Física. Por analisar as relações estabelecidas pelos estudantes com os temas desenvolvidos na sequência didática, a pesquisa é de natureza qualitativa utilizando, como estratégias de trabalho empírico, um questionário inicial, gravação das aulas em áudio e análise documental das produções realizadas pelos alunos durante o desenvolvimento da sequência didática. As análises indicaram que os alunos estabeleceram relações entre a importância de se conhecer mais sobre o funcionamento dos exames médicos por imagem e a vida deles em sociedade, se preocupando com questões financeiras, comportamentais e de prevenção de erros médicos. Ao final da sequência didática os alunos compreenderam que um diagnóstico médico é feito com muito mais informações que apenas o histórico clínico do paciente.

Palavras-Chave: Ensino de Física, Física Médica, Exames de Diagnóstico por imagem, Enfoque CTS.

Abstract

The goal of this research was to study possibilities and implications of a teaching proposal based on Science, Technology and Society (STS) approach, associating Physics Teaching and Medical Physics. A didactic sequence was created and implemented in a High School group. The didactic sequence focused on the study of image diagnosis under the STS approach, in Physics classes. Once it is intended to analyse the relations established by the students with the themes developed in the didactic sequence, the research is based on a qualitative approach. As empirical tools it was adopted an initial questionnaire, audio recording of the classes and the documentary analysis of the materials produced by the students. The results indicated that the students established different relations between the importance of knowing about the functioning of the medical image exams and their life in the society, having concerns about financial and behaviour issues, besides medical errors prevention. In the end of the didactic sequence the students understood that a medical diagnosis is made with much more information than just the patient clinical history.

Keywords: Physics Teaching, Medical Physics, Image diagnosis exams, STS Approach.

1. Introdução

Defendendo que o enfoque CTS é um importante caminho para a construção de uma educação que preza pelo desenvolvimento da autonomia dos educandos, este trabalho apresenta reflexões sobre possibilidades e implicações do enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) numa proposta de ensino relacionando Ensino de Física e Física Médica. Seu objetivo é analisar as possibilidades do uso deste enfoque em sala de aula tendo como tema os exames médicos de diagnóstico por imagem.

Numa sociedade na qual o contato com conhecimentos e produtos científico-tecnológicos é tão disseminado, o enfoque CTS ganha relevância na educação escolar, incentivando a discussão e, espera-se, a desmitificação das relações e interações ciência-tecnologia-sociedade, superando visões ingênuas tal como a ideia de neutralidade do desenvolvimento científico-tecnológico, conforme expõem Auler e Delizoicov (2001).

O enfoque CTS propõe um ensino contextualizado em que se discutam e se problematizem as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, partindo de uma situação na qual os alunos, a partir de estudos e pesquisas sobre alguma temática local, regional ou global que envolva seu cotidiano, sejam levados a assumir um posicionamento e/ou a uma tomada de decisão, construindo argumentações fundamentadas social e cientificamente. Documentos curriculares oficiais também mencionam a importância de uma educação contextualizada, que leve o aluno a tomar decisões e se posicionar perante questões de seu cotidiano, como é o caso das Orientações Curriculares para o Ensino Médio (2006) e das Diretrizes Curriculares de Física do Estado do Paraná (2008), nas quais é possível observar que elementos condizentes com a educação CTS são indicados para o ensino de alguns temas da Física. Nesta última, não há menções explícitas ao CTS, mas há alguns elementos convergentes com tal enfoque.

Assim, com o objetivo de analisar as possibilidades do uso deste enfoque em sala de aula, foi elaborada e desenvolvida em sala de aula uma sequência didática abordando as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade através do estudo de formas de obtenção de imagens para diagnósticos médicos. O estudo foi desenvolvido numa turma do terceiro ano do Ensino Médio, numa escola da rede privada de ensino. Utilizou-se um questionário inicial para levantamento das percepções iniciais dos alunos acerca do tema e posteriormente, uma sequência didática foi elaborada e implementada, com análise das produções dos estudantes.

2. A importância dos estudos em Ciência, Tecnologia e Sociedade em Ciências na escola

Pinheiro, Silveira e Bazzo (2009) colocam que o desenvolvimento da ciência e da tecnologia está diretamente relacionado às diversas transformações na sociedade, refletindo em mudanças econômicas, políticas e sociais. Portanto, ele deve passar por negociações, as quais devem ter a participação de diferentes grupos sociais. As pessoas precisam ter acesso à tecnologia e à ciência, não somente no sentido de entendê-las e utilizarem-se de seus respectivos produtos, mas também em discutir as direções acerca do conhecimento científico-tecnológico, percebendo sua não neutralidade. Para os mencionados autores, é necessária uma imagem de ciência e tecnologia que seja capaz de trazer à tona toda a sua dimensão social, e isso só será possível se o público possuir uma formação que favoreça a compreensão do funcionamento da tecnociência, percebendo que o debate e a negociação são meios que permitem a solução de conflitos. Dessa forma os avanços da

ciência e da tecnologia devem ser discutidos com os alunos, suas causas e consequências, interesses econômicos e políticos, de maneira contextualizada.

Nos dias atuais as áreas de ciência e tecnologia têm sido discutidas e problematizadas em relação à ideia do benefício imediato. A população em geral tem um acesso aos produtos tecnológicos que à primeira vista proporcionam um maior bem-estar social, tais como os avanços da tecnologia de telefones móveis, ou ainda no diagnóstico e tratamento de doenças. Porém, as pessoas em geral não olham criticamente para estes elementos em seu cotidiano. Conforme explicam Palacios et al (2003), “A ciência e a tecnologia atuais são, sem dúvida, muito eficazes. O problema é se seus objetivos são socialmente valiosos” (Palacios *et al.*, 2003, p.141).

Atualmente os estudos em CTS são caracterizados como um campo de trabalho que pretende relacionar questões das áreas da ciência com o desenvolvimento tecnológico e com a vida em sociedade. De acordo com Palacios *et al.* (2003), os estudos em CTS vêm se desenvolvendo em três grandes áreas:

- 1) no campo de pesquisa os estudos em CTS têm sido colocados como uma alternativa à reflexão acadêmica tradicional sobre a ciência e a tecnologia, promovendo uma nova visão não essencialista e socialmente contextualizada da atividade científica; 2) no campo da política pública, os estudos CTS têm definido a regulação social da ciência e da tecnologia, promovendo a criação de diversos mecanismos democráticos que facilitem a abertura de processos de tomada de decisão em questões referentes à políticas científico-tecnológicas; 3) no campo da educação essa nova visão da ciência, tecnologia e sociedade tem consolidado a aparição de programas e materiais CTS no ensino secundário e universitário em numerosos países (Palacios *et al.*, 2003 p. 127).

A educação CTS pode “Proporcionar a formação de cidadãos com capacidade para expressar opiniões e tomar decisões bem fundamentadas; Motivar os alunos para a busca de informações relevantes e importantes” (Vieira & Bazzo, 2007, p. 3). Pode-se incluir ainda que a educação CTS procura “preparar os educandos para a compreensão de problemas da vida real, tornando-os mais capazes de agir, interagir e se posicionar [...] diante questões atuais” (Vieira & Bazzo, 2007, p. 4).

Santos e Mortimer (2000) fazem um profundo estudo apoiados em diversos autores, refletindo sobre os pressupostos teóricos da educação CTS no contexto brasileiro, colocando que um currículo CTS possui uma estrutura conceitual composta pelos seguintes temas: conceitos científicos e tecnológicos, processos de investigação e interações entre ciência, tecnologia e sociedade. Os conteúdos referentes à ciência incluem características relacionadas aos aspectos políticos da ciência, vinculados a questões sociais tanto interiores quanto exteriores à comunidade científica. Os estudos relacionados à tecnologia visam que o estudante seja capaz não apenas de entender o funcionamento de determinados produtos tecnológicos, mas também de se conscientizar a respeito do papel alienante, em alguns casos, do desenvolvimento tecnológico. No campo que compete a relações com a sociedade são trabalhadas questões potencialmente problemáticas nesse ponto de vista. Um aspecto importante das sequências didáticas envolvendo enfoque CTS é que os estudantes devem ser levados a tomar uma decisão, apoiada nos conteúdos discutidos ao longo das aulas.

Muitas são as propostas curriculares com enfoque CTS, porém cada uma com diferentes ênfases. Com base em Aikenhead (1994), Santos e Mortimer (2000) mencionam oito diferentes categorias de ensino CTS, conforme se pode observar no Quadro 1 seguinte:

Categoria	Descrição
1. Conteúdo de CTS como elemento de motivação	Ensino tradicional de ciências acrescido da menção ao conteúdo de CTS com a função de tornar as aulas mais interessantes
2. Incorporação eventual do conteúdo de CTS ao programático	Ensino tradicional de ciências acrescido de pequenos estudos de conteúdo de CTS incorporados como apêndices aos tópicos de ciências. O conteúdo de CTS não é resultado de uso de temas unificadores.
3. Incorporação sistemática do conteúdo de CTS ao Conteúdo programático.	Ensino tradicional de ciências acrescido de uma série de pequenos estudos de conteúdo de CTS integrados aos tópicos de ciências, com a função de explorar sistematicamente o conteúdo de CTS. Esses conteúdos formam temas unificadores.
4. Disciplina científica (Química, Física e Biologia) por meio de conteúdo de CTS	Os temas de CTS são utilizados para organizar o conteúdo de ciências e a sua sequência, mas a seleção do conteúdo científico ainda é feita a partir de uma disciplina.
5. Ciências por meio do conteúdo de CTS	CTS organiza o conteúdo e sua sequência. O conteúdo de ciências é multidisciplinar, sendo ditado pelo conteúdo de CTS. A lista de tópicos científicos puros assemelha-se à listagem de tópicos importantes a partir de uma variedade de cursos de ensino tradicional de ciências.
6. Ciências com conteúdo de CTS	O conteúdo de CTS é o foco do ensino. O conteúdo relevante de ciências enriquece a aprendizagem.
7. Incorporação das Ciências ao conteúdo de CTS	O conteúdo de CTS é o foco do currículo. O conteúdo relevante de ciências é mencionado, mas não é ensinado sistematicamente. Pode ser dada ênfase aos princípios gerais da ciência.
8. Conteúdo de CTS	Estudo de uma questão tecnológica ou social importante. O conteúdo de ciências é mencionado somente para indicar uma vinculação com as ciências.

QUADRO 1: Categorias de ensino CTS. FONTE: Adaptado pelas autoras de Santos & Mortimer (2000)

Segundo Santos e Mortimer (2000), a primeira categoria talvez não devesse ser chamada de uma proposta CTS, visto que não promove relações diretas entre ciência, tecnologia e sociedade e não propicia ao aluno um olhar crítico a respeito dos conteúdos e situações estudadas. As categorias 3 a 6 são as mais encontradas na literatura. A partir da categoria 5, a ênfase dada em sala de aula muda do conhecimento científico para as inter-relações de CTS. Embora nenhuma das categorias represente o “verdadeiro” CTS, a categoria 8 seria a que mais se aproximaria dessa definição.

As propostas em CTS valem-se de meios de avaliação subjetivos, em torno de um caso simulado ou debate simulado. No trabalho de Vieira e Bazzo (2007) define-se que

Um caso simulado consiste em um problema relacionado com o desenvolvimento tecnocientífico e que envolve uma decisão aberta sobre esse problema [...] já o debate simulado se desenvolve a partir de uma questão científica em discussão na sociedade (Vieira & Bazzo, 2007, p. 7-8).

Dessa forma um caso simulado é uma atividade que se desenvolve a partir de uma situação simulada partindo de um problema real, no qual se situam vários atores sociais com posturas, interesses e valores distintos. A controvérsia se resolve com a decisão sobre o problema proposto, a qual será adotada a partir dos diferentes pontos de vista expostos. Por outro lado, o debate simulado não simula a situação, mas sim o debate. Para isso os alunos são separados em grupos os quais

devem apresentar seus distintos pontos de vista acerca de uma questão em pauta. A principal finalidade dessa atividade é despertar nos alunos o interesse pelas discussões científicas atuais e que aprendam a participar em tais discussões e exercer a cidadania.

3. Pesquisas sobre Imagens Médicas no ensino de Física

Percebeu-se, em um levantamento bibliográfico na área, que há vários artigos que envolvem o tema CTS no ensino de Ciências e Física, porém aqueles que desenvolvem propostas didáticas em sala de aula na Educação Básica, com posterior análise, não são em grande número. Percebeu-se também que grande parte das propostas desenvolvidas sob o enfoque CTS no ensino de Física aborda temas tais como aquecimento global e em geral, envolvendo física moderna e contemporânea, como armamento nuclear e produção de raios-X. Trabalhos envolvendo formas de diagnósticos por imagens no ensino foram encontrados poucos: Souza e Araújo (2007) e Silva e Almeida (2017), sendo que este último não se coloca em uma perspectiva CTS e foi desenvolvido no Ensino Superior. Ambos são brevemente apresentados na sequência:

Souza e Araújo (2007) desenvolveram uma atividade com uma turma de 2º ano de uma escola particular. A sequência didática teve como destaque a produção de raio-X e a radioproteção. A proposta teve início com a implementação de um questionário para mapear os conhecimentos prévios dos alunos. Foi solicitado que os alunos fizessem pesquisas sobre cinco temas, que foram apresentados em forma de seminários, os quais proporcionaram momentos de grande interação entre os alunos. Também realizaram pesquisas e elaboraram uma síntese sobre o que é o Método Científico. Durante essa etapa se explorou pela primeira vez a produção de raio-X em uma unidade hospitalar, abordando ainda a radioproteção e a radiografia. Em seguida foram trabalhados os conteúdos de Óptica Geométrica com uma abordagem histórica, e a natureza dual da luz. Com o auxílio de um banner foram destacadas questões sobre o funcionamento dos Raio-X como, por exemplo, o efeito fotoelétrico e a dose de radiação permitida para os trabalhadores de unidades hospitalares. Também foram destacados os riscos envolvidos na exposição a esse tipo de radiação. Ao final da sequência didática foi apresentada aos alunos uma notícia de jornal, cuja leitura deu início a um debate discutindo questões de cidadania. Para analisar a aprendizagem dos alunos foi aplicado um segundo questionário e as análises realizadas permitiram que os autores concluíssem que eles participaram atentamente das atividades propostas e foram capazes de construir uma base satisfatória de conhecimento acerca da produção de raio-X, assim como da radioproteção.

Silva e Almeida (2017), por sua vez, implementaram uma unidade de ensino com sete futuros professores de Física com o tema de funcionamento dos aparelhos e exames de Radiografia, Tomografia Computadorizada, Tomografia por emissão de pósitrons e Ressonância Magnética. A metodologia de investigação envolveu dois aspectos: a coleta de informações, através de um questionário respondido por sete licenciandos antes e após o trabalho pedagógico; e a análise das respostas, de forma a se comparar as representações dos futuros professores acerca da possibilidade de abordarem ou não o tema em suas aulas. No questionário inicial, quando questionados sobre como abordar temas como raio-X, radioatividade, relatividade e física quântica no Ensino Médio, os futuros professores responderam que seria a partir de temas como astronomia, história da ciência e usando simuladores. Após a sequência didática, dois dos sete alunos responderam explicitamente que utilizariam exames médicos. De acordo com os autores, ao final do trabalho pedagógico foi possível perceber que os futuros professores incorporaram o tema às suas concepções do que pode ser trabalhado em sala no Ensino Médio.

Com a explicitação dos resultados obtidos nestes estudos evidenciam-se possibilidades da abordagem dos exames de diagnóstico por imagem no ensino de Física sob o enfoque CTS e a importância atribuída ao tema por licenciandos em Física. Reforça-se assim, a importância de se trabalhar este tema sob o enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade e a forma como isso influencia no desenvolvimento do aluno, proporcionando que esses estabeleçam relações entre o conteúdo estudado e o seu cotidiano.

4. Desenvolvimento metodológico

O presente trabalho teve como objetivo estudar possibilidades e implicações do enfoque CTS relacionando Ensino de Física e Física Médica a partir do estudo e problematização de exames médicos por imagens. De forma específica, no desenvolvimento da sequência didática o objetivo era observar se os alunos, com a mediação da professora-pesquisadora, conseguiriam estabelecer relações entre os conteúdos discutidos em sala e a vida em sociedade.

Por analisar as relações estabelecidas pelos estudantes com os temas desenvolvidos na sequência didática, a pesquisa é de natureza qualitativa. Os encaminhamentos para a construção dos dados foram realizados em duas etapas: a) implementação de um questionário inicial e b) Elaboração, implementação em sala de aula e análise de uma sequência didática sobre o tema selecionado. Assim, como estratégias de trabalho empírico foram utilizados um questionário inicial, gravação das aulas em áudio e análise documental das produções realizadas pelos alunos durante o desenvolvimento da sequência didática.

O Questionário Inicial foi utilizado para realizar uma primeira aproximação com os conhecimentos dos alunos acerca das relações entre Física e Medicina e o funcionamento de algumas formas de aquisição de imagens de diagnóstico por imagem. Composto por questões de múltipla escolha e dissertativas, foi organizado em três sessões: a) três questões de informações pessoais (nome, idade e renda familiar); b) nove questões sobre conhecimentos e experiências pessoais com os exames médicos de diagnósticos por imagem (tipos de exames que conheciam, se já haviam feito algum daqueles exames, preços, objetivos e funcionamento dos diferentes tipos de exames, entre outras questões) e c) espaço para livre manifestação. Uma cópia do questionário pode ser consultada em Pereira, 2018).

O questionário foi desenvolvido e disponibilizado em formulário do Google, tendo sido respondido por uma turma de 1º série do Ensino Médio de uma escola pública (27 questionários respondidos) e uma turma de 3ª série de uma escola particular (15 questionários respondidos), ambas de uma mesma cidade na região metropolitana de Curitiba. Resultados relacionados a esse questionário são apresentados na próxima seção.

A sequência didática, por sua vez, foi elaborada tendo como base as categorias apresentadas no Quadro 1, baseado no trabalho de Santos e Mortimer (2000). Entende-se que se considerada de forma isolada, ela está mais próxima das categorias 7 e 8, pois o elemento principal da sequência é o conteúdo CTS. Porém ao se analisar por um contexto mais amplo, considerando todo semestre da turma na qual foi implementada a sequência, é possível associá-la à categoria 2: “Incorporação eventual do conteúdo de CTS ao programático”, pois o professor titular havia trabalhado os conteúdos de Física de maneira mais aprofundada em aulas anteriores, e a sequência didática implementada pela pesquisadora acabou representando, neste contexto maior, um acréscimo de um estudo de conteúdos CTS ao final do semestre.

Conforme se explicitou, as propostas em CTS devem levar os alunos à uma tomada de decisão. No caso da proposta de ensino desenvolvida nesta pesquisa, os estudantes foram levados a tomar uma decisão quanto a que forma de exame utilizar para diagnosticar uma doença, sendo que eles tinham algumas opções específicas em cada caso apresentado.

Em uma das situações os alunos deveriam escolher entre uma forma de diagnóstico e as opções seriam: a) uma mais barata, porém levando um tempo maior para se obter o resultado e não sendo possível visualizar as especificidades do objeto a ser diagnosticado e b) outra opção mais cara, que atende as limitações da opção anterior, porém o paciente não possui condições financeiras para realização deste exame. Dessa forma os alunos se depararam com escolhas difíceis, tais como poupar o paciente de um gasto desnecessário, ou não diagnosticar a doença com precisão suficiente para que se possa iniciar o tratamento a tempo. Em outros casos a decisão foi em função das contraindicações dos equipamentos médicos, com relação a um paciente com *stent* vascular, alergia ao líquido usado nos contrastes e impossibilidade de uso do cateter.

Durante o desenvolvimento da sequência didática foi apresentada aos alunos uma base do funcionamento de um aparelho de Raio-X/Radiografia¹, Ultrassonografia, Tomografia Computadorizada e Ressonância Magnética, para fundamentar a escolha deles quanto ao exame a ser realizado. Organizados em grupos, eles deveriam apresentar para os demais colegas e para a professora-pesquisadora a escolha quanto ao exame indicado e os motivos que os levaram a tal escolha, deixando explicitado porque este exame foi, na opinião do grupo, mais indicado que os demais. Para o registro foram realizadas gravações das apresentações dos alunos.

Como última atividade foi proposta uma produção textual, com um tema definido pela professora-pesquisadora, a qual visava que os alunos estabelecessem relações entre o conteúdo recém estudado e a vida em sociedade. A análise desta produção textual foi realizada com base em elementos de Análise de Conteúdos (Bardin, 2016), que é uma técnica de análises por categorias temáticas para análise das comunicações, buscando descrever o conteúdo das produções textuais. Maiores detalhes sobre o desenvolvimento da sequência didática são fornecidas junto às análises.

Uma vez que neste trabalho se procura manter o anonimato dos alunos participantes, eles são identificados neste artigo por letras e/ou números. Para cada fase de análise é utilizada uma maneira distinta para identificá-los: para o questionário inicial, os alunos são identificados por letras do alfabeto grego; para as apresentações dos seminários, dúvidas e comentários, são utilizados números arábicos e finalmente, na fase de análise das produções textuais, os estudantes são identificados pelas letras do alfabeto latino. Esta diferenciação se fez necessária porque não é possível associar um determinado aluno citado em uma determinada seção com cada aluno citado nas demais seções.

5. Resultados: Conhecimentos prévios dos estudantes a partir do Questionário Inicial

Neste artigo são explicitados apenas alguns resultados obtidos através deste questionário. Uma análise detalhada dos pode ser consultada em Pereira (2018).

Uma das perguntas buscava identificar o conhecimento dos estudantes acerca do preço de alguns exames de imagens médicas, tais como Raios-X, Ultrassonografia, Tomografia

¹ Embora o termo para se referir a este exame seja Radiografia e não Raio-X, ele é mais popularmente conhecido pelo segundo termo e os próprios alunos muitas vezes se utilizam do segundo termo. Por esta razão neste trabalho em alguns momentos também será utilizado o termo Raio-X.

Computadorizada e Ressonância Magnética. O objetivo desta questão foi levantar elementos para problematizar com os alunos, durante o desenvolvimento da sequência didática, a relação entre os custos, benefícios e possíveis prescrições desnecessárias de exames sofisticados (e por vezes de custos mais elevados). Uma vez que o questionário foi respondido de forma livre pelos alunos, inclusive utilizando seus telefones móveis, é possível que alguns ou vários tenham buscado por informações sobre tais preços em fontes diversas, o que não foi considerado de forma negativa, dado o objetivo da questão.

No caso da 1ª série se obteve um acerto, por parte dos alunos, nos exames de Raios-X, Ultrassonografia e Tomografia Computadorizada com relação ao valor tomado como referência praticado no mercado para esses exames. Já para a turma de 3ª série apenas no exame de Tomografia Computadorizada a maioria dos alunos acertou a faixa de preço. Nos demais exames a maioria das respostas foram com preços maiores do que os praticados (de acordo com a fonte utilizada).

Nas duas questões dissertativas, 10 e 11, a análise foi feita da seguinte forma: Como um dos objetivos do questionário é realizar uma aproximação ao conhecimento dos alunos e a relação que estabelecem entre Física e Medicina e o funcionamento de algumas formas de aquisição de imagens, buscou-se, nas respostas a estas duas questões, o quanto se referem à Física. Ainda que tal relação não tivesse sido explicitamente colocada nas perguntas, alguns alunos fizeram menções aos conceitos físicos, de forma que consideramos interessante destacar esse elemento em tais respostas.

Na questão 10, questionou-se se os alunos conheciam os objetivos dos exames médicos mencionados: “Dos exames citados, você sabe o objetivo de algum deles? Comente”. Para ambas as turmas inicialmente separaram-se as respostas em duas categorias: Não sabem o objetivo de nenhum exame; ou mencionaram objetivo de algum exame. Dentre estes últimos as respostas foram, ainda, separadas em outras subcategorias: Utilizaram conceitos físicos e não utilizaram conceitos físicos para explicar o funcionamento. Finalmente, daqueles que utilizaram conceitos físicos, as respostas foram ainda separadas em: Utilizaram os conceitos corretamente, ou não. Os resultados indicam que na turma de 1ª série apenas três alunos mencionaram conceitos físicos para explicar o objetivo da Ressonância Magnética. Já na turma de 3ª série foram obtidas apenas três respostas sendo que em nenhuma delas é mencionado algum conceito físico, de maneira geral os alunos destacaram o que os exames permitem identificar.

A questão 11 investigou o conhecimento dos alunos com relação ao funcionamento destes exames: “Você sabe alguma coisa a respeito do funcionamento de algum desses exames? Comente”. Para essa análise as respostas dos alunos foram organizadas inicialmente em duas categorias distintas: uma delas, compostas pelos alunos que mencionaram não saber nada a respeito; e a outra composta pelos alunos que mencionaram conhecer algo sobre o funcionamento dos exames. Esta segunda categoria, da mesma forma que na análise da questão 10, foi ainda separada em duas outras subcategorias: as respostas que mencionaram algum conceito físico para a explicação do funcionamento dos exames e a outra categoria daquelas respostas que não utilizaram nenhum conceito físico.

Na turma da 1ª série, nove, de vinte e sete alunos, disseram não saber nada a respeito do funcionamento dos exames. Daqueles que mencionaram saber algo a respeito do funcionamento, doze mencionaram conceitos físicos e seis alunos não os mencionaram. Dentre os conceitos mais utilizados encontram-se magnetismo, radiação, ondas e sons. Porém estes são usados, em alguns casos, de maneira errônea, o que indica que os alunos ainda não possuíam uma compreensão mais ampla do conceito físico envolvido. Os extratos abaixo exemplificam as respostas:

Ultrassonografia utiliza "sons" para examinar um órgão ou feto. O raio-x libera uma espécie de radiação e por meio dela pode ser visto os ossos (ALUNO v).

No raio-x ondas eletromagnéticas se propagam com radiação, e a Ultrassonografia funciona com a ajuda de ondas sonoras (ALUNO ξ).

Nesta mesma questão, na turma de 3ª série, apenas um aluno respondeu positivamente essa questão e explicou o funcionamento do Raio-X e da Ressonância Magnética, utilizando-se de conceitos físicos para tal explicação:

O Raio-X funciona com radiação e a Ressonância Magnética funciona com um solenóide e ímãs dentro do mesmo (ALUNO ρ).

Comparando os resultados obtidos nas duas turmas em que foi aplicado o questionário, é possível sugerir que a turma da 3ª série menciona menos as relações entre Física e os exames de imagem. Considerando as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (2006) ou as Diretrizes Curriculares de Física do Estado do Paraná (2008) como referências, um dos conteúdos estruturantes dessa série é o Eletromagnetismo, o qual possui uma forte relação entre os conteúdos que envolvem os exames de imagens médicas. Por estas razões, esta última turma foi a escolhida para se implementar a proposta de ensino deste trabalho.

6. Resultados a partir da Sequência Didática “1º Simpósio Marie Curie de Diagnóstico”

Aqui são apresentadas a descrição da proposta, sua implementação em sala de aula e análises. A descrição consta de uma apresentação da sequência didática, com relação ao que foi planejado para as diferentes aulas e seus objetivos, e quanto à análise das produções dos estudantes e relações estabelecidas por eles em sala de aula, seu comportamento, suas falas, suas interações etc. Busca-se analisar se os objetivos foram atingidos e de que forma, evidenciando isso nas falas ou produções escritas dos alunos.

6.1 Descrição da sequência didática

A sequência didática foi composta de quatro aulas, nas quais foram trabalhados conteúdos de Física relacionados à obtenção de imagens médicas, procurando estabelecer relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade. A proposta foi elaborada pela pesquisadora e uma descrição da mesma foi apresentada ao professor titular da turma, dando liberdade para que ele, caso assim o desejasse, fizesse suas sugestões de alterações. As aulas foram desenvolvidas após aprovação pelo professor. A implementação da sequência didática em sala de aula foi feita pela pesquisadora, que aqui será denominada professora-pesquisadora.

No Quadro 2 é apresentada uma breve descrição de cada aula desenvolvida, seus objetivos e materiais utilizados. Todos os materiais utilizados, como por exemplo as fichas médicas, podem ser consultadas com maiores detalhes em Pereira (2018).

Aula	Descrição da atividade	Objetivo	Materiais utilizados
1	Apresentação e explicação da proposta para os alunos; Divisão da turma em quatro grupos	Envolver os alunos no tema proposto, despertando o interesse deles por tal e apresentar a sequência didática	Fichas médicas, pastas do hospital fictício, convite do simpósio, gravador de áudio

2	Apresentação dos grupos	Observar as pesquisas dos alunos, se estes perceberam as diversas nuances dentre a escolha do exame a ser realizado, levando em conta contraindicações clínicas e outras condições dos pacientes	Quadro, giz, projetor, gravador de áudio e filmadora
3	Breve explanação, por parte da professora-pesquisadora, quanto à teoria que envolve o funcionamento dos exames por imagens médicas: Ressonância magnética. Tomografia Computadorizada, Ultrassonografia (com uso de contraste) e Radiografia	Apresentar aos alunos conceitos físicos envolvendo os exames e sanar eventuais dúvidas com relação a essa parte das pesquisas deles	Multimídia, gravador de áudio, filmadora
4	Produção textual	Observar se e como os alunos relacionam os conteúdos aprendidos com a vivência em sociedade	Quadro, giz, gravador de áudio.

QUADRO 2 - Síntese da Sequência didática. FONTE: Adaptado pelas autoras de Pereira (2018)

6.2 Desenvolvimento da sequência didática e análises

Nessa seção são descritas as atividades realizadas em sala de aula, as produções dos alunos e as análises realizadas. O trabalho na sala de aula foi desenvolvido em três dias de aulas, com 16 alunos sendo que em um dos dias, foram duas aulas geminadas. Esta é a mesma turma na qual foi feita a segunda implementação do questionário inicial. O professor titular da turma estava encerrando os conteúdos de Eletromagnetismo e havia utilizado os exames de Ressonância Magnética para exemplificar uma implementação de variação de fluxo magnético. Durante as aulas foram realizadas gravações em áudio e nas aulas 2 e 3, gravações também em vídeo, para proporcionar uma análise mais detalhada das aulas.

6.2.1. Aula 1 – Apresentação da proposta à turma e problematizações iniciais

Na aula 1, na primeira aproximação da pesquisadora com a turma, o professor apresentou-a aos alunos, que já haviam sido comunicados previamente sobre a atividade. A professora-pesquisadora se apresentou brevemente à turma, em seguida explicou para os alunos que desenvolveria uma atividade “diferente” com eles, envolvendo Física e Medicina.

Como uma primeira problematização, perguntou aos alunos se estes tinham conhecimento das relações entre Física e Medicina (antes da implementação do questionário inicial e das aulas do professor), todos responderam que não. Dessa forma iniciou-se a apresentação da atividade proposta.

Nesta aula a professora-pesquisadora utilizou elementos de RPG (Roleplaying Game ou jogo de papéis), pois os alunos foram levados a assumir papéis de profissionais de um hospital,

sendo eles: Neurologista, Reumatologista, Nefrologista, Técnico de Manutenção de Equipamentos de Exames de Imagens, Especialista em Diagnóstico e Técnico de Exames de Imagem.

Os alunos se dividiram em quatro grupos de quatro componentes cada, para formarem uma equipe médica que trabalha em um hospital hipotético, chamado Marie Curie. As equipes foram convidadas a participar de um Simpósio promovido dentro do hospital. Os alunos assumiram os papéis de: médicos, técnicos de manutenção dos equipamentos de exames de imagem, técnicos de exames e especialista de diagnóstico. A professora-pesquisadora, por sua vez, assumiu o papel de uma física, especialista em exames por imagem.

Cada grupo recebeu uma ficha médica (exemplos de Fichas Médicas utilizadas podem ser consultadas em Pereira, 2018), composta por uma descrição da atividade desenvolvida, identificação do paciente, breve contextualização histórica do paciente, exames realizados, hipóteses diagnósticas, alergias e a descrição de como deveria ser constituída a equipe médica. Todas as fichas eram de pacientes fictícios, desenvolvidos pela pesquisadora.

A perspectiva de assumir papéis de médicos deixou a turma bem animada com a sequência didática. Após a entrega do material, os alunos já iniciaram as pesquisas utilizando os seus telefones móveis, e algumas dúvidas foram surgindo: “é necessário fazermos o diagnóstico, ou apenas escolher o melhor exame para o caso dado? Temos que falar os possíveis tratamentos?” (Aluno 1). Foi respondido ao aluno que não, pois o objetivo central é que o grupo defina qual o melhor exame para se realizar o diagnóstico. Ao final da aula um dos grupos possuía uma lista de possíveis exames, porém alguns eram para diagnosticar uma fratura que, de acordo com a ficha médica, já havia sido diagnosticada. Ao final da aula o objetivo foi atingido: os alunos estavam envolvidos com a atividade proposta.

6.2.2. Aula 2 – Primeiro dia do Simpósio: apresentação dos casos das equipes médicas

Na aula 2 aconteceram as apresentações dos alunos, ou seja, foi o dia do início do 1º Simpósio Marie Curie de Diagnósticos. As apresentações seguiram a ordem das fichas médicas, que eram enumeradas de 1 à 4. A descrição e análise do desenvolvimento serão feitas para cada grupo em separado, na sequência:

Grupo 1:

A Ficha 1 apresentava o caso de um paciente que se envolveu em um grave acidente de carro na BR-277, sentido Ponta Grossa, Paraná, na madrugada do dia 20/04/2018. Exames preliminares da polícia indicaram que o mesmo estava alcoolizado. O paciente em questão colidiu com a traseira de um caminhão. Ele foi encontrado em seu carro, pela equipe do Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (SAMU), com uma visível fratura na tíbia e desacordado, possivelmente por ter batido sua cabeça no volante, por não estar usando o cinto de segurança. Ele foi encaminhado para o Hospital Marie Curie no qual recebeu os primeiros socorros. O paciente aparentava ter idade entre 25 e 30 anos, e foi realizada uma Radiografia para verificar a fratura na tíbia. Apresentava indícios de um possível Acidente Vascular Cerebral (AVC) e possuía alergias a frutos de mar e a insetos.

O grupo responsável pela apresentação dessa ficha médica era composto por um neurocirurgião, um técnico de exames de imagens, um técnico de manutenção de equipamentos de exames de imagens e um especialista em diagnóstico.

A equipe iniciou a apresentação com os dados fornecidos nas fichas médicas. Em seguida o neurocirurgião explicou o que é um AVC, explanando os sintomas, as diferenças entre o AVC

isquêmico e o hemorrágico e suas causas. Para esse diagnóstico são mais indicados os exames de Tomografia Computadorizada e de Ressonância Magnética. A equipe optou pela Ressonância Magnética, porque o paciente possui alergia a frutos do mar e, para a realização da Tomografia Computadorizada, seria necessária a utilização de um contraste a base de Iodo, elemento este presente em alguns frutos do mar. Dessa forma o paciente poderia ter um choque anafilático causado pelo contraste, o que não ocorreria na Ressonância Magnética.

Em seguida o técnico de exames explicou os pontos positivos e negativos da Tomografia Computadorizada e da Ressonância Magnética.

O técnico de manutenção dos equipamentos foi responsável por apresentar as características do equipamento utilizado no exame escolhido e seu funcionamento. Explicitou o que é a bobina de alta frequência e que elas são específicas para cada parte do corpo que se deseja analisar.

A Ressonância Magnética enxerga o interior do corpo humano baseada nas moléculas de hidrogênio. Aí tem diferentes intensidades e diferentes tecidos. O aparelho tem um campo magnético nos tecidos pra atrair os núcleos desses átomos transformando-os em pequenos ímãs. Então ele manda ondas de rádio no corpo pra produzir uma vibração e detectar essas moléculas e envia pro computador. O computador transforma eles em imagens podendo assim a gente ter uma noção do que ta acontecendo com o corpo do paciente (ALUNO 3).

Toda a explicação do Aluno 3 foi feita com leitura direta de material no seu aparelho de telefone móvel, mas não foi possível perceber se ele o reproduziu da mesma forma que encontrou em suas pesquisas.

Grupo 2:

Na apresentação da Ficha 2 a paciente tratava-se de uma menina de 12 anos de idade que havia passado por um procedimento cirúrgico há três meses para a colocação de um *stent* vascular, devido a uma obstrução de sua artéria. Há cerca de três semanas a paciente começou a sentir dores de cabeça incessantes, procurou um médico que a diagnosticou com enxaquecas. Passados alguns dias os sintomas foram piorando e surgindo novos, como náuseas, vômitos e a perda da visão. Nesse momento a paciente deu entrada no hospital. Esses sintomas são de um possível AVC ou aneurisma, de forma que se faz necessária uma investigação do caso. A paciente não possui nenhum tipo de alergia.

O grupo responsável pela apresentação dessa ficha médica era composto por um neurocirurgião, um técnico de exames de imagens, um técnico de manutenção de equipamentos de exames de imagens e um especialista em diagnóstico.

A apresentação se iniciou com o neurocirurgião explicando o caso médico e o que é um AVC, seus sintomas, diferença entre o isquêmico e o hemorrágico.

A especialista em diagnósticos explicou o que causa uma obstrução na artéria, motivo pelo qual a paciente passou por um procedimento cirúrgico para a colocação de um *stent* vascular. Devido a seu histórico médico os sintomas apresentados poderiam ser resultado de seu histórico, por esta razão optou-se pela realização de um Angiograma.

O angiograma é um exame radiográfico dos vasos sanguíneos que é feito por meio da injeção de um contraste no ambiente intravascular a partir de um cateterismo. É feito com o auxílio de um fio fino, que é o cateter, em uma artéria que pode ser no pescoço ou na virilha pra esse cateter chegar até o local onde tem que ser analisado. Depois de inserir o cateter até o local, o médico injeta o contraste e tira várias radiografias ali do local por meio de uma máquina de raios-x (ALUNO 4).

O técnico em exames explicou as vantagens e indicações da Angiografia, em seguida o neurologista explicou o porquê da escolha desse exame. A equipe chegou à conclusão que, ao contrário do que indicava a ficha médica, a paciente teria um aneurisma e não um AVC. Na ficha médica estava indicado que a paciente tinha um AVC porque a princípio a expectativa era que os alunos escolhessem o exame de Ressonância Magnética, porém devido ao *stent* vascular implantado há três meses, a paciente não poderia ser submetida a esse exame, portanto, deveria ser realizada uma Tomografia Computadorizada. O diagnóstico dos alunos não está errado, apenas seguiu por um caminho não previsto pela professora-pesquisadora. Isto foi muito interessante, visto que os alunos buscaram por um exame pouco conhecido.

Grupo 3:

Na Ficha 3 o paciente apresentou inicialmente os sintomas de dores atrás das costelas inferiores e no quadril, procurou atendimento médico, porém não houve um diagnóstico definitivo, pois foram realizados apenas exames físicos. O médico apenas receitou remédios para dor. Passados alguns dias outros sintomas foram aparecendo, tais como febre, vômitos, a redução da urina e a presença de sangue na mesma. Tais sintomas levaram a indicação de se procurar um profissional especializado e por esta razão o paciente deu entrada no hospital. As hipóteses diagnósticas eram um tumor nos rins ou uma trombose de via renal. O paciente possuía alergia a pólen, iodo, insetos e frutos do mar e contraindicação de inserção de cateteres nas veias.

A equipe médica era composta por um nefrologista, um técnico de manutenção de equipamentos de exames de imagens, um especialista em diagnóstico e um técnico de exames de imagem.

O médico nefrologista explicou o que é um tumor nos rins, os seus sintomas e causas e o que é uma trombose de vias renais, seus sintomas e causas. Quanto ao exame escolhido

A gente pensou que pra poder diagnosticar como ele não fez nenhum exame e ele apresentou nenhum sintoma a gente pensou em fazer uma Ressonância Magnética ver se encontrava um tumor, só que sem contraste porque ele tem alergia a iodo, e no contraste vai iodo, e caso desse alguma coisa fazer uma angioressonância Magnética também sem o contraste e sem o cateter, porque ele é um gás e precisa do cateter pra aplicar o contraste. (ALUNO 6).

Quanto ao funcionamento da Ressonância Magnética e da Angioressonância

A Ressonância Magnética é um exame de diagnóstico por imagem que consegue criar imagens de alta definição dos órgãos através da utilização de um campo magnético. A agitação das moléculas é captada pelo aparelho, transferida para um computador no qual, com uma série de cálculos matemáticos, esses dados são transformados em imagens. Aí a angioressonância, caso encontrasse alguma coisa, porque o tumor pode causar a trombose (...) com ela é possível obter imagens de vasos sanguíneos por todo o corpo, porque ela emite ondas de rádio frequência (ALUNO 7).

O Aluno 7 fez sua explicação lendo no aparelho de telefone móvel, ficou visível que este apenas leu o que estava escrito, parecendo não entender o que estava lendo. Em seguida o outro membro da equipe expressou os pontos positivos do exame, e suas contraindicações, que seria apenas no caso de o paciente ter algum implante metálico.

Grupo 4:

A Ficha 4 apresentava um paciente de 50 anos que procurou atendimento médico por apresentar dores no joelho. O médico lhe receitou um analgésico e recomendou sessões de fisioterapia, alegando que isso era apenas um sintoma da idade e do excesso de peso. Porém alguns

dias depois apresentou-se a formação de um edema e a diminuição da força muscular, de forma que o paciente procurou atendimento especializado. Devido à demora de atendimento no Sistema Único de Saúde (SUS) ele procurou atendimento particular, porém o paciente é de baixa renda. O paciente possui alergia a baratas, pólen e poeira. Os possíveis diagnósticos são tendinite ou artrite reumatoide.

A equipe médica era composta por um reumatologista, um técnico de manutenção de equipamentos de exames de imagens, um especialista em diagnóstico e um técnico de exames de imagem.

Assim como as demais equipes, iniciaram a apresentação explanando o histórico médico do paciente. O reumatologista explicou o que é uma tendinite e uma artrite reumatoide, de maneira muito breve. A equipe optou por fazer uma Ressonância Magnética, pois devido ao edema é possível que o paciente tenha artrite reumatoide. De acordo com o técnico de exames de imagem

O exame que a gente optou por fazer foi a Ressonância Magnética por se tratar de um exame mais sofisticado e que não usa radiação ionizante e ele, assim, possibilita uma maior clareza em identificar problemas nas extremidades do corpo e por ser algo mais seguro para pessoas de idade ou crianças, pois podem ser acompanhados durante o exame (...) esse exame é o mais indicado para esse caso por ele ser mais preciso (ALUNO 8).

O diferencial desse diagnóstico estava por conta da condição financeira do paciente e a equipe, mesmo escolhendo um exame caro, justificou o porquê:

Como o exame tem um custo alto e o paciente uma renda baixa, ele vai ter que optar por fazer esse exame devido a precisão de se identificar o que ele tem, qual o problema dele. Esse é um exame muito caro porque ele exige profissionais habilitados para manusear a máquina e a manutenção constante dos equipamentos, por exemplo você tem que verificar se a temperatura ela tá baixa, ele tem o uso do gás hélio, que está escasso no mercado [...] o equipamento utilizado no exame é um equipamento muito caro (ALUNO 9).

Ao final de cada apresentação, os alunos não expressaram comentários sobre as apresentações dos colegas. Cada aluno recebeu, no início da aula, uma folha na qual deveriam anotar dúvidas sobre as apresentações, se mudariam o diagnóstico realizado pelos outros grupos ou fazer comentários sobre a sequência didática desenvolvida. Este material foi entregue à professora-pesquisadora ao final da aula 4.

6.2.3. Aula 3 – Segundo dia do Simpósio: Apresentação da especialista

Na aula 3, continuando com o simpósio interno do hospital, após as apresentações das equipes médicas, ocorreu a apresentação de uma física, especialista nos exames por imagem, a qual fez uma apresentação contemplando o funcionamento de quatro exames: Ultrassonografia, Radiografia, Tomografia Computadorizada e Ressonância Magnética. Neste caso, o papel de física (especialista) foi desempenhado pela professora-pesquisadora. É importante ressaltar que neste momento os conteúdos específicos de Física não foram discutidos em detalhes e profundidade, pois o professor da turma já os havia trabalhado com os alunos em aulas anteriores ao desenvolvimento desta sequência didática.

Para cada um dos exames foi apresentada uma breve história de seu desenvolvimento, como é seu funcionamento, principais aplicações, pontos positivos e negativos e a “Física envolvida” (nesse último tópico eram apresentados os conceitos físicos envolvidos no funcionamento do exame).

Para o caso da Ultrassonografia o conceito físico trabalhado foi o som como onda mecânica. A Radiografia funciona com a emissão de elétrons acelerados, providos de um tubo de

raios catódicos, em direção ao corpo do paciente. Para a compreensão dos alunos acerca do funcionamento do aparelho foi necessária uma explicação do que é um tubo de raios catódicos, o que são raios-X e porque eles são nocivos à saúde humana. Em seguida foi apresentada a Tomografia Computadorizada, pois esta também funciona com raios-X. O último exame a ser trabalhado foi a Ressonância Magnética, devido à sua maior complexidade. Uma vez que os alunos já haviam estudado o seu funcionamento em aulas anteriores com o professor titular da turma, a explanação foi apenas na forma de uma revisão. Para a compreensão do funcionamento do aparelho foram trabalhados os conceitos de campo magnético, campo elétrico e campo magnético gerando campo elétrico.

6.2.4. Aula 4 – Organização do conhecimento em uma produção textual

Nesta seção os alunos serão citados por letras do alfabeto latino, pois não é possível associar um determinado aluno citado nesta seção com cada aluno citado nas seções anteriores.

No início dessa aula foi proposto que os alunos fizessem uma produção textual com o tema: “Levando em conta os estudos desenvolvidos nas últimas aulas: Qual a importância, para a sociedade, sobre os conhecimentos das diferentes formas de obtenção de imagens na Medicina?”. A produção foi livre, com no mínimo dez linhas, podendo ser escrito em primeira pessoa.

Ao final da aula foram recebidas dezesseis produções textuais. Nas análises foram elaboradas algumas categorias, de forma a se ressaltar as relações estabelecidas pelos alunos entre o que haviam recém estudado e a vida em sociedade. Tais categorias foram elaboradas usando-se elementos da Análise de Conteúdos (Bardin, 2016).

Os resultados foram organizados da seguinte forma: Primeiro distinguiram-se aqueles que fizeram menções à relação dos exames com a sociedade e aqueles que não ressaltaram tais relações.

Das produções textuais entregues, em apenas quatro não foram feitas referência à relação dos exames com a sociedade, os alunos expressaram que com a sequência didática obtiveram um aumento de conhecimento com relação aos conteúdos de Física e suas aplicações, bem como das relações entre Física e Medicina. Um aluno ainda expressou que um exame pode ser mais caro que outro, e que com eles é possível fazer um rápido diagnóstico, e outro, que a Medicina depende das relações entre diferentes áreas de conhecimento.

Dentre aqueles que fizeram a relação entre o que haviam recém-estudado e a sociedade, foram organizadas quatro categorias *a posteriori*, a seguir descritas:

a) *Relações entre os exames por imagens e o desenvolvimento tecnológico:*

As relações entre os exames por imagens médicas e o desenvolvimento tecnológico foram apresentados por quatro alunos. Destes, dois expressam que, ao se desenvolver o interesse sobre esses exames, mais pessoas podem estudar e desenvolver equipamentos melhores. Nas suas palavras:

Além da importância do conhecimento de desenvolver o interesse, e assim, mais pessoas poderão estudar, desenvolver mais equipamentos e gerar mais tecnologia (ALUNO A).

As pessoas tendo informações sobre como funcionam os exames e os resultados que trazem, podem estudar mais sobre. Aperfeiçoar os aparelhos e principalmente de usufruir de seus benefícios (ALUNO P).

Outro aspecto apontado pelos alunos foi o quanto os exames auxiliam nos diagnósticos e como isso melhoraria a vida das pessoas.

Esse tipo de exame traz benefícios a sociedade, pois como examina o corpo de modo a descobrir qualquer problema que está ocorrendo internamente, proporciona ao paciente maiores chances de melhora e cura, fazendo com que possíveis doenças, fraturas, etc. não sejam mais uma grande barreira para os médicos (ALUNO P).

Mais opções de exames e de tratamentos foram adicionados na Medicina, o que significa um avanço para a sociedade baseado na tecnologia. As pessoas estão mais seguras quanto a Medicina por causa desses novos exames de imagem, porque conseguem ver e compreender seu possível problema (ALUNO B).

Com esses extratos das produções textuais é possível perceber que os alunos evidenciam benefícios dos exames por imagem na saúde das pessoas e como eles são importantes para os diagnósticos, em alguns casos, podendo salvar vidas. Eles estabeleceram as relações entre a tecnologia e a sociedade tendo em vista o bem-estar das pessoas.

As falas dos alunos B, P e A sugerem uma visão de neutralidade que grande parte da sociedade tem com relação ao conhecimento científico-tecnológico. Percebe-se que para eles existe uma relação linear entre Conhecimento-Tecnologia-Benefícios, de forma que o desenvolvimento científico-tecnológico está diretamente relacionado a benefícios para a sociedade, e eles mencionam apenas esta relação, não trazendo maiores problematizações. Observar-se-á se estes alunos também expressam outras relações em Ciência, Tecnologia e Sociedade nas demais categorias subsequentes; o que indicaria, positivamente, que talvez sua visão não seja exclusivamente de linearidade, contendo maiores problematizações destas relações.

b) Conhecimento do funcionamento dos exames e a sua relação com aspectos emocionais dos pacientes:

Três alunos expressam que o conhecimento do funcionamento dos exames e suas contraindicações podem levar os pacientes a ficarem mais calmos durante o exame e ainda a auxiliarem durante as consultas, pois os pacientes podem expressar suas alergias para que se evite fazer determinados exames:

O mais importante, entretanto, em minha opinião seria saber as indicações e contraindicações também para o caso que um exame precise ser feito, para alertar os médicos sobre alergias e outras coisas que não levamos em consideração em horas de pânico ou nervoso (ALUNO O).

Sabendo como funcionam determinados exames para obter imagem, as pessoas podem ter noção dos riscos que estão se expondo e saber como funcionam, possíveis riscos e reações. Evitando assim, tanto desespero na hora dos exames por nervosismo ou desconhecimento do assunto (ALUNO M).

Saber como funciona um exame muitas vezes nos deixa mais calmos e com aquela sensação de que está tudo sob controle. Nos informar sobre as contraindicações pode nos lembrar de falar alguma coisa que esquecemos de informar ao médico (como alergias, etc.) (ALUNO E).

Os alunos estabeleceram uma relação entre os conhecimentos dos exames e os aspectos comportamentais dos pacientes e de como os conhecimentos do funcionamento dos equipamentos pode fazer os pacientes ficarem mais calmos e seguros da escolha feita pelos médicos. É comum as pessoas ficarem nervosas quando precisam passar por um procedimento que não conhecem ou não entendem.

c) Especificidade entre o caso clínico e o tipo de exame a ser definido:

Apenas um aluno expressou que dependendo do caso clínico deve-se realizar um tipo específico de exame.

A respeito dos conhecimentos adquiridos nas últimas aulas sobre a física na Medicina, e também sobre os exames de imagem, percebemos que por apresentar distintas formas de exames, podemos usá-los para casos específicos, como quando é preciso ver o vazamento de líquidos ou é apenas uma fratura, essa que não exige algo tão específico (ALUNO L).

d) Conhecimentos sobre exames podem levar a uma economia de gastos evitando que o médico indique um exame caro sem necessidade:

Um dos objetivos dessa pesquisa era de que, ao final da sequência didática, os alunos pudessem entender que um maior conhecimento sobre os exames pode levar a uma economia de gastos não permitindo que o médico se “aproveite” do paciente pedindo um exame caro sem necessidade. Essa perspectiva foi observada em seis produções textuais, sendo que uma delas expressa a relação do desenvolvimento de exames por imagem e a economia local e geração de empregos.

O conhecimento sobre os diferentes exames de imagem pode trazer para cada indivíduo diversos benefícios. Desde a obtenção de conhecimento e a economia de gastos (...) (ALUNO A).

A partir do momento em que o país entrou em crise, muitas pessoas começaram a cortar planos de saúde no qual tinha incluso os exames, tornando-os, muitas vezes, pagos. Muitos deles podem ser substituídos por outros mais baratos e que muitas vezes são mais eficaz. Se a sociedade souber as grandes diferenças elas conseguem economizar e conseguem, muitas vezes, saber mesmo resultado que teria em um exame mais caro (ALUNO F).

Por esse desinteresse das pessoas, muitos médicos se aproveitam e pedem para as pessoas exames caríssimos, sendo que com um mais simples já seria o suficiente (ALUNO N).

Os exames de imagem também nos proporcionam um conhecimento de qual exame deve ser realizado, para saber qual é o melhor e com o melhor custo benefício, para poder identificar os problemas (ALUNO L).

Tendo em vista os aspectos observados é importante para a sociedade, a Medicina estar desenvolvendo e aprimorando exames para a sociedade, pois para mesma, facilita em custo, em rapidez, agilidade, etc. Além de proporcionar mais empregos, ajudando assim, a sociedade, não somente nos exames, mas também na renda e economia local (ALUNO D).

Mesmo não trabalhando na área de Medicina, ou física relacionada a exames, há importância em saber mais sobre o assunto, como em saber a necessidade do exame, vamos supor que a pessoa quebra a perna, em vez de pagar muito caro em um exame de imagem, pode ser feito um Raio-X que é mais barato em relação ao outro (ALUNO C).

Foi possível perceber que os alunos estabeleceram diferentes relações entre o que foi estudado e a vida em sociedade, todas elas muito importantes e relevantes.

Na Tabela 1 é feita uma sistematização acerca dos principais elementos ressaltados na análise das produções textuais.

TABELA 1 – RESULTADOS DAS ANÁLISES DAS PRODUÇÕES TEXTUAIS DOS ALUNOS

	I	II	III	IV	V	VI
ALUNO	Não faz referência à relação dos exames com a sociedade	Faz alguma referência à relação dos exames com a sociedade				
		Relações entre os exames por imagens e o desenvolvimento tecnológico		Conhecimento do funcionamento dos exames e suas contraindicações podem levar os pacientes a ficarem mais calmos	Dependendo do caso clínico deve-se realizar um tipo específico de exame	Conhecimentos sobre exames podem levar a uma economia de gastos evitando que o médico indique um exame caro sem necessidade
		A partir do interesse sobre esses exames, mais pessoas podem estudar e desenvolver equipamentos melhores	Exames auxiliam nos diagnósticos e isso melhora a vida das pessoas			
A		X				X
B			X			
C						X
D						X
E				X		
F						X
G	X					
H	X					
I			X			
J	X					
K	X					
L					X	X
M				X		
N						X
O				X		
P		X	X			
Total	4	2	3	3	1	6

FONTE: Pereira, 2018

É possível observar, na última linha da Tabela 1; que de uma forma geral, quatro estudantes não mencionam em suas produções textuais a relação entre o que estudaram e a vida em sociedade (coluna I). Os demais, em geral, mencionam algum tipo de relação (colunas II a VI).

No caso daqueles que mencionam apenas as ideias contidas nas colunas II e/ou III, considerou-se que o elemento que ficou mais evidente (a partir da análise da produção textual), foi a relação linear de desenvolvimento científico-tecnológico.

Observa-se também que a característica mais mencionada nas produções textuais dos estudantes está na coluna VI, ou seja, a importância do conhecimento acerca dos exames permitiria uma visão crítica sobre os exames que os médicos indicam.

É importante destacar que o aluno A, inicialmente mencionado na categoria que se comentou conter uma visão linear do desenvolvimento científico-tecnológico (Coluna II), também se expressa com a visão da coluna VI, o que é bastante positivo, ou seja, embora ele tenha expressado em um determinado momento elementos que indicam tal visão linear, em outro momento ele expressa alguma relação mais problematizadora da relação CTS.

Ao final dessa aula a professora-pesquisadora conduziu uma breve conversa com os alunos, na qual eles expressaram que, em uma das fichas médicas foi muito difícil definir o exame a ser recomendado, pois faltavam informações que seriam facilmente obtidas durante uma conversa informal entre o médico e o paciente. Dessa forma os alunos expressaram que, quando se faz um

diagnóstico, o médico deve levar em consideração não apenas o quadro clínico do paciente, mas também informações relacionadas a seus hábitos diários e seu contexto social. Os alunos ainda expressaram que gostaram muito da atividade desenvolvida e que a consideraram muita válida como forma de ensino.

7. Análises gerais e possibilidades de melhorias

Este trabalho teve como embasamento principal os objetivos do CTS descritos por Vieira e Bazzo (2007) e dessa forma a sequência didática procurava levar os alunos a busca de informações importantes e relevantes e à uma tomada de decisão. Isso se estabeleceu nas pesquisas realizadas pelos alunos quanto a qual exame indicar ao paciente e porque, de forma que estes precisaram procurar as especificidades dos exames normalmente utilizados para os diagnósticos e determinar qual seria o mais apropriado para o caso clínico que eles possuíam, ou seja, uma escolha fundamentada cientificamente e socialmente.

Com as produções textuais foi possível observar que os alunos fizeram diferentes relações entre a importância de se conhecer mais sobre o funcionamento dos equipamentos e a vida deles em sociedade, se preocupando com questões financeiras, comportamentais e de prevenção de erros médicos. Ao final da sequência didática os alunos compreenderam que um diagnóstico médico é feito com muito mais informações que apenas o histórico clínico do paciente.

Uma das características de uma sequência com enfoque CTS é estabelecer um dilema para os alunos (Samagaia & Peduzzi, 2004), de forma que eles percebam que a tomada de decisão pode levar a perdas ou ganhos, dependendo do ponto de vista estabelecido e das escolhas feitas. Esta foi uma característica pouco abordada na sequência didática implementada e que pode ser reforçada numa adaptação para novos estudos.

Ainda no contexto deste trabalho poderiam ser abordadas questões relacionadas às formas de tratamento com radioterapia. Para isso seriam necessárias mais aulas e ainda poderia se contar com uma atividade interdisciplinar com outras disciplinas do Ensino Médio. É importante destacar que, em outros contextos, a aula 3, descrita na seção 6.2.3, poderia ser explorada com um maior nível de detalhamento.

Também poderiam ser abordadas outras relações com o enfoque CTS, ainda no contexto da Física Médica, tais como as diferentes formas de tratamentos de radioterapia ou os diferentes usos do laser na Medicina.

8. Considerações Finais

O objetivo do trabalho foi estudar possibilidades e implicações de uma proposta de ensino baseada em elementos do enfoque em Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), relacionando Ensino de Física e Física Médica. De forma específica, no desenvolvimento da sequência didática o objetivo era observar se os alunos, com a mediação da professora-pesquisadora, conseguiriam estabelecer relações entre as diferentes formas de obtenção de imagens nos exames de diagnóstico médico e a vida em sociedade. Ao final da sequência didática o que os alunos aprenderam? Estabeleceram as relações desejadas? Gostaram dessa forma de ensino? Ficaram interessados?

As expressões dos alunos nas produções textuais indicam que estes estabeleceram relações críticas com relação ao diagnóstico realizado por médicos. Desta forma entende-se que o presente

trabalho contribuiu para preparar os alunos para a compreensão de um problema de vida real, a realização de exames de imagens médicas, procurando tornar os estudantes mais capazes de agir, interagir e se posicionar a respeito destas questões em seu cotidiano.

As manifestações dos estudantes participantes também indicaram outras questões possíveis de serem incorporadas em novos estudos, como por exemplo, elementos da filosofia da medicina; quando os estudantes indicaram em conversas informais com a professora-pesquisadora que, quando se faz um diagnóstico, o médico deve levar em consideração não apenas o quadro clínico do paciente, mas também informações relacionadas a seus hábitos diários e seu contexto social.

As análises indicaram que os alunos se interessaram pelo tema e pela forma como ele foi trabalhado. Em uma conversa com o professor da escola, ele expressou que a turma vinha recebendo inúmeras reclamações por parte de outros professores, pela falta de interesse nas aulas, porém durante as aulas descritas neste trabalho os alunos se mostraram muito dedicados e interessados. Muitos expressaram que conseguiram, ao final das aulas, suprir suas dúvidas e da análise, percebeu-se que estabeleceram algumas relações CTS, conforme se objetivava com o trabalho desenvolvido.

9. Referências

- AULER, D & DELIZOICOV, D. (2001). Alfabetização científico-tecnológica para quê? *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 3(1), 105-115. Acesso em 30 jan., 2019, <http://www.scielo.br/pdf/epec/v3n2/1983-2117-epec-3-02-00122.pdf>
- BARDIN, L. (2016). *Análise de Conteúdo*. Edição revista e ampliada. São Paulo: Edições 70, 2016.
- PALACIOS, E. M. G., VON LINSINGEN, I.; GALBARTE, J. C. G.; CEREZO, J. A. L.; LUJÁN, J. L.; PEREIRA, L. T. V.; GORDILLO, M. M.; OSORIO, C.; VALDÉS, C. & BAZZO, W. A. (2003). *Introdução aos estudos CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade)*. Cadernos de Ibero-América. Madri, Espanha: Organização dos Estados Ibero-Americanos para a Educação, a Ciência e a Cultura (OEI). Acesso em 30 jan., 2019, <https://www.oei.es/historico/salactsi/introducaoestudoscts.php>
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. (2006). *Orientações curriculares para o Ensino Médio – Brasília: Ministério da Educação/Secretaria de Educação Médio e Tecnológica*.
- PARANÁ. Secretaria do Estado da Educação (2008). *Diretrizes curriculares da educação básica – Física – Governo do Paraná/Secretaria de Estado da Educação do Paraná*.
- PEREIRA, S.C. (2018). *Física médica e ensino de Física: exames de imagens numa proposta de ensino com elementos do enfoque CTS*. Trabalho de Conclusão do Curso, Licenciatura em Física/UFPR. Curitiba: UFPR.
- PINHEIRO, N.A.M.; SILVEIRA, R.M.C.F. & BAZZO, W.A. (2009). O contexto científico-tecnológico e social acerca de uma abordagem crítico-reflexiva: perspectiva e enfoque. *Revista Iberoamericana de Educación*. 1-14. Acesso em 30 jan., 2019, <https://rieoei.org/RIE/issue/view/187>

- SAMAGAIA, R. & PEDUZZI, L. O. Q. (2004). Uma experiência com o projeto Manhattan no ensino fundamental. *Ciência e Educação*, 10(2), 259-276. Acesso em 30 jan., 2019, <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v10n2/08.pdf>
- SANTOS, W. L. P. & MORTIMER, E. F. (2000). Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – sociedade) no contexto da educação brasileira. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 2(2), 110-132. Acesso em 30 jan., 2019, <http://www.scielo.br/pdf/epec/v2n2/1983-2117-epec-2-02-00110.pdf>
- SILVA, A. C. & ALMEIDA, M. J. P. M. (2017). Exames de imagem no ensino médio: representações de futuros professores de física. *Enseñanza de las ciencias* (n.º extraordinário), 719-724. Acesso em 30 jan., 2019, https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2017nEXTRA/4-_Exames_de_imagem_no_ensino_medio_representacoes_de.pdf
- SOUZA, A. J. & ARAÚJO, M. S. T.. (2010). A produção de raios X contextualizada por meio do enfoque CTS: um caminho para introduzir tópicos de FMC no ensino médio. *Educar em Revista*, 26(37), 191-209. Acesso em 30 jan., 2019, <http://www.scielo.br/pdf/er/n37/a12n37.pdf>
- VIEIRA, K. R. C. F. & BAZZO, W. A. (2007) Discussões acerca do aquecimento global: uma proposta CTS para abordar esse tema controverso em sala de aula. *Ciência e Ensino*, 1 (edição especial), 1-12. Acesso em 30 jan., 2019, <http://200.133.218.118:3536/ojs/index.php/cienciaeensino/article/view/155/119>