

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA  
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**GHISIANE SPINELLI VARGAS**

**Uma abordagem do tema estruturante Matéria e Radiação no Curso  
Normal: a busca da criticidade na formação de professores para os anos  
iniciais do Ensino Fundamental**

**Porto Alegre  
2018**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA  
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**GHSIANE SPINELLI VARGAS**

**Uma abordagem do tema estruturante Matéria e Radiação no Curso Normal: a busca da criticidade na formação de professores para os anos iniciais do Ensino Fundamental**

**Dissertação de Mestrado Profissional realizada sob a orientação da Professora Dra. Neusa Teresinha Massoni e coorientação da Professora Dra. Cilaine Verônica Teixeira, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da UFRGS como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.**

**Porto Alegre  
2018**

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, Alcides e Ghislaene, por todo amor dedicado, e por me ensinarem através do exemplo que sempre estamos aprendendo e nunca é tarde para buscarmos nossos sonhos.

Aos meus irmãos Marcelo e Mauricio, pelos exemplos e por sempre torcerem por mim.

À Maria da Luz, por toda ajuda e carinho de mãe dedicado.

À minha família e amigos, pelo apoio, compreensão e incentivo.

Aos colegas e alunos do Instituto Cristovão de Mendoza de Caxias do Sul, pela oportunidade de trabalhar no Curso Normal e por me inspirarem no planejamento dessa proposta.

Ao Instituto Estadual de Educação General Flores da Cunha de Porto Alegre, pela oportunidade de implementação dessa proposta, em especial a Professora Maria Aparecida Couto, pelo apoio à proposta e pela troca de experiências.

Aos colegas e amigos que debateram comigo ideias e experiências, e colaboraram para a conclusão desta etapa.

Um agradecimento especial aos amigos Greison Jacobi e Ruimar Romanini, pela disponibilidade e ensinamentos compartilhados.

Aos Professores do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pelas oportunidades de crescimento e aprendizado.

Aos colegas do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física pelo apoio, parceria e troca de experiências.

À minha coorientadora professora Dra. Cilaine Verônica Teixeira, pelas orientações e auxílio, e pelo encantamento e empenho frente aos desafios em trabalharmos com uma proposta diferenciada de ensino de Física na Educação Básica.

À minha orientadora professora Dra. Neusa Teresinha Massoni, por todo auxílio, compreensão e dedicação. Em especial, por me acompanhar na crença que a educação liberta e transforma. Obrigada por todos ensinamentos.

## RESUMO

Este trabalho narra a aplicação de uma proposta que aborda um tema de Física Moderna e Contemporânea na formação de professores dos anos iniciais do Ensino Fundamental. O tópico “matéria e radiação” foi escolhido para ser um tema estruturante, inspirado na noção de tema gerador de Paulo Freire, com o propósito de aprofundar questões da vida cotidiana, da ciência e das novas tecnologias; e também aspectos relacionados com cuidados com a saúde, visando alcançar uma aprendizagem crítica.

Construímos uma sequência didática contemplando a abordagem temática freireana passando pelos três Momentos Pedagógicos, a saber: *Problematização Inicial, Organização do Conhecimento e Aplicação do Conhecimento*. Como material de apoio para o desenvolvimento da proposta foi elaborado um artigo sobre o tema raios X e ondas que foi utilizado de forma articulada a outras atividades descritas ao longo da dissertação. As distintas estratégias e os materiais compõem o produto educacional no formato de texto de apoio.

Os resultados indicam que a sequência didática apresenta potencial para promover uma aprendizagem crítica e emancipatória, almejando a compreensão e futura transformação da realidade vivencial dos estudantes, contribuindo não apenas para a melhoria na qualidade da Educação Básica, na perspectiva de que os futuros professores façam a transposição de elementos do tema trabalhado em suas salas de aula, mas também visando uma sociedade mais justa e humanizada.

**Palavras-chave:** ondas, raios X, Paulo Freire, formação de professores, Ensino Normal.

## ABSTRACT

This work describes the application of a proposal to approach a theme of Modern and Contemporary Physics at the Normal School for teachers of the early years at Elementary School. The topic "matter and radiation" was chosen to be a structuring theme, inspired by the notion of the generating theme by Paulo Freire, in order to deepen the issues of everyday life, science and new technologies, as well as aspects related to health care, aiming at critical learning.

We constructed a didactic sequence contemplating the Freirean thematic approach passing through the three Pedagogical Moments, namely: Problem-posing, Knowledge organization and Knowledge application. An article on X-rays and waves was prepared and used as supporting material together with other activities. All strategies and materials used throughout constitute the Educational product, presented here as Supporting text.

The presented didactic sequence was shown to be powerful at promoting a critical and emancipatory learning, achieving an understanding and consequent transformation of the students' life experience and reality. It is desired that the future teachers can adapt the elements of the topic studied to their classes, contributing to the improvement in the quality of Elementary Education and to a fair and humanized society.

**Keywords:** waves, X-rays, radiation and matter, Paulo Freire, teacher's training, Normal School.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>PROPOSTA E OBJETIVOS</b> .....	<b>12</b>
2.1	OBJETIVO GERAL .....	12
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	12
<b>3</b>	<b>ESTUDOS RELACIONADOS</b> .....	<b>14</b>
<b>4</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>19</b>
<b>5</b>	<b>APLICAÇÃO DA PROPOSTA</b> .....	<b>28</b>
5.1	ENCONTRO 1: O QUE TEM NA CAIXA? .....	31
<b>5.1.1</b>	<b>Plano de Aula 1</b> .....	<b>31</b>
<b>5.1.2</b>	<b>Relato do Encontro 1</b> .....	<b>33</b>
5.2	ENCONTRO 2: PRIMEIRA LEITURA DO ARTIGO SOBRE RAIOS X E ONDAS.....	44
<b>5.2.1</b>	<b>Plano de Aula 2</b> .....	<b>44</b>
<b>5.2.2</b>	<b>Relato do Encontro 2</b> .....	<b>46</b>
5.3	ENCONTRO 3: ONDAS .....	50
<b>5.3.1</b>	<b>Plano de Aula 3</b> .....	<b>50</b>
<b>5.3.2</b>	<b>Relato do Encontro 3</b> .....	<b>52</b>
5.4	ENCONTRO 4: MONTANDO O ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO .....	59
<b>5.4.1</b>	<b>Plano de Aula 4</b> .....	<b>59</b>
<b>5.4.2</b>	<b>Relato do Encontro 4</b> .....	<b>60</b>
5.5	ENCONTRO 5: SISTEMATIZAÇÃO DA FORMAÇÃO DOS RAIOS X .....	68
<b>5.5.1</b>	<b>Plano de Aula 5</b> .....	<b>68</b>
<b>5.5.2</b>	<b>Relato do Encontro 5</b> .....	<b>70</b>
5.6	ENCONTRO 6: FORMAÇÃO DE RAIOS X E ELABORAÇÃO DE MAPA CONCEITUAL .....	76
<b>5.6.1</b>	<b>Plano de Aula 6</b> .....	<b>76</b>
<b>5.6.2</b>	<b>Relato do Encontro 6</b> .....	<b>77</b>
5.7	ENCONTRO 7: RETOMADA DAS DISCUSSÕES SOBRE A FORMAÇÃO DOS RAIOS X.....	84
<b>5.7.1</b>	<b>Plano de Aula 7</b> .....	<b>84</b>
<b>5.7.2</b>	<b>Relato do Encontro 7</b> .....	<b>85</b>
5.8	ENCONTRO 8: INTERAÇÃO RADIAÇÃO-MATÉRIA E PROTEÇÃO	

	RADIOLÓGICA .....	90
<b>5.8.1</b>	<b>Plano de Aula 8.....</b>	<b>90</b>
<b>5.8.2</b>	<b>Relato do Encontro 8 .....</b>	<b>92</b>
5.9	ENCONTRO 9: ELABORAÇÃO DAS DRAMATIZAÇÕES SOBRE MATÉRIA E RADIAÇÃO E PROVA .....	100
<b>5.9.1</b>	<b>Plano de aula 9 .....</b>	<b>100</b>
<b>5.9.2</b>	<b>Relato do Encontro 9 .....</b>	<b>101</b>
5.10	ENCONTRO 10: APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO - ENTRANDO EM CENA! .....	106
<b>5.10.1</b>	<b>Plano de aula 10 .....</b>	<b>106</b>
<b>5.10.2</b>	<b>Relato do encontro 10.....</b>	<b>107</b>
<b>6</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>113</b>
<b>7</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>121</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>125</b>
	APÊNDICE A: ARTIGO SOBRE RAIOS X E ONDAS.....	128
	APÊNDICE B: ATIVIDADE 1 - LISTA DE PALAVRAS.....	143
	APÊNDICE C: ATIVIDADE 2 - FICHA PARA ELABORAÇÃO DE PERGUNTAS .....	144
	APÊNDICE D: MATERIAL DE APOIO AO ESTUDO INTRODUTÓRIO DE ONDAS.....	145
	APÊNDICE E: REPORTAGEM SOBRE ACESSO À SAÚDE NO BRASIL...	146
	APÊNDICE F: ORIENTAÇÕES DRAMATIZAÇÃO .....	147
	APÊNDICE G: AVALIAÇÃO ESCRITA.....	148
	ANEXO 1: PRODUTO EDUCACIONAL .....	150

## 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos as escolas brasileiras têm enfrentado uma enorme carência de professores na área de Ciências da Natureza, que engloba as disciplinas de Física, Química e Biologia (BRASIL, 2015). Esta falta de profissionais torna-se evidente frente ao grande número de professores sem formação específica atuando nessas disciplinas, pelo fechamento de vários cursos de licenciatura, especialmente em instituições particulares, ou ainda, pela baixa procura e reduzido número de concluintes destes mesmos cursos. Complementando esse quadro, a falta de encantamento dos estudantes com as disciplinas que compõem a área de ciências da natureza é facilmente percebida em salas de aula da Educação Básica. Tudo isto fomenta reflexões sobre as causas do desinteresse e sobre possíveis estratégias que possam ser utilizadas para a reversão do preocupante cenário que se apresenta, visto que estes profissionais são essências para o desenvolvimento social e educacional do nosso país.

Acreditamos que o investimento na melhoria da qualidade da formação inicial e continuada dos profissionais da educação possa ser uma das soluções e é nessa linha que este trabalho de mestrado foi pensado. Particularmente, enfoca a formação de professores para os anos iniciais do Ensino Fundamental, alunos de um Curso Normal. O Curso Normal corresponde ao ensino profissionalizante de nível médio e certifica o estudante à conclusão do Ensino Médio e à habilitação para lecionar na Educação Infantil e anos iniciais do Ensino Fundamental (1º ao 5º ano).

Na sociedade contemporânea o uso e o acesso a equipamentos tecnológicos e aos benefícios e desafios advindos do desenvolvimento de novas tecnologias crescem diariamente. O uso de aparelhos de celular, *internet*, micro-ondas, por exemplo, é um fato muito corriqueiro no cotidiano das novas gerações. Porém, inúmeros desses jovens não reconhecem ou valorizam os conhecimentos científicos que foram necessários para que tais equipamentos pudessem integrar suas vidas. Este distanciamento, ou até alienação, em relação aos conhecimentos relativos às Ciências da Natureza, por parte da população em geral, é enfatizado nas Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Básica ao justificar o ensino de Ciências na Educação Básica,

Apesar de a maioria da população fazer uso e conviver com incontáveis produtos científicos e tecnológicos, os indivíduos pouco refletem sobre os processos envolvidos na sua criação, produção e distribuição, tornando-se assim indivíduos que, pela falta de informação, não exercem opções autônomas, subordinando-se às regras do mercado e dos meios de comunicação, o que impede o exercício da cidadania crítica e consciente. (BRASIL, 1997, p.22)

Ao refletirmos sobre o ensino de Ciências, preocupa a forma superficial e descontextualizada como a Física, em geral, é trabalhada no Curso Normal, bem como a ausência de abordagens de Física Moderna e Contemporânea, dado que a autora deste trabalho tem atuado nos últimos anos em um Curso Normal. Este distanciamento entre os currículos escolares e a vida dos estudantes e a defasagem no tempo dos temas de Física trabalhados resulta em falta de preparo e de segurança aos futuros professores para discutir temas científicos de interesse social em suas aulas.

Assim, a justificativa para a nossa escolha de um tópico de Física Moderna e Contemporânea – Raios X (matéria e radiação) – deve-se à sua atualidade e ampla aplicação em várias áreas do conhecimento e da tecnologia, mas, particularmente porque pode ser um excelente “tema gerador”, na perspectiva pedagógica de Paulo Freire, para eliciar discussões e reflexões críticas junto aos futuros professores. Na educação infantil são trabalhados temas referentes à saúde e ao cuidado com o corpo, podendo o professor abordar questões referentes à proteção contra os Raios UV e o uso de exames radiológicos. A abordagem deste tema vai ao encontro da reformulação do Ensino Fundamental proposta a partir da Base Nacional Curricular Comum (BNCC), que prevê a elaboração do currículo de Ciências da Natureza a partir de três unidades temáticas, sendo elas: Matéria e Energia, Vida e Evolução e Terra e Universo (BRASIL, 2018). A importância do professor ter segurança para tratar desses temas, inserindo-os no seu planejamento, é reforçada ao analisarmos as competências estabelecidas para o Ensino de Ciências, como, por exemplo, “conhecer, apreciar e cuidar de si, do seu corpo e bem-estar, recorrendo aos conhecimentos das Ciências da Natureza (BRASIL, 2018, p. 322).

Existe certo consenso na literatura, há várias décadas (TERRAZZAN, 1992), a respeito da pobreza e da sequência muito tradicional como os temas de Física são tratados na escola e da necessidade de articular ao currículo da Educação Básica conteúdos de Física Moderna e Contemporânea, visando despertar a curiosidade,

colocar os estudantes em contato com o excitante mundo da pesquisa atual, ajudando-os a reconhecer a Física como um empreendimento humano e, portanto, mais próximo a eles (OSTERMANN, FERREIRA E CAVALCANTI, 1998). Como adverte Terrazzan (1992), os conteúdos tratados na Educação Básica não vão além da Física Clássica (Cinemática, Leis de Newton, Termologia, Óptica Geométrica, Eletricidade e Circuitos Simples) e isso dificulta o entendimento de modernas tecnologias que fazem parte do cotidiano das pessoas (RODRIGUES, SAUERWEIN E SAUERWEIN, 2014). Acreditamos que a articulação de temas atuais e sócio-científicos nas aulas de ciências na Educação Básica pode auxiliar na promoção de ações sociais e ambientais responsáveis que, como propõe Freire (1987), ajudam a transformar a própria realidade dos alunos.

Os documentos oficiais apontam expressamente para a necessidade de uma formação para a cidadania, como expõem, por exemplo, as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Básica:

Uma formação integral, portanto, não somente possibilita o acesso a conhecimentos científicos, mas também promove a reflexão crítica sobre os padrões culturais que se constituem normas de conduta de um grupo social, assim como a apropriação de referências e tendências que se manifestam em tempos e espaços históricos, os quais expressam concepções, problemas, crises e potenciais de uma sociedade, que se vê traduzida e/ou questionada nas suas manifestações. (BRASIL, 2013, p.62)

Ainda no campo da formação de professores, há muito se defende que um bom domínio dos conteúdos disciplinares é muito importante, mas não é, isoladamente, o fator que garante uma prática de ensino eficiente. O professor, ou futuro professor, precisa dominar outros saberes, pedagógicos e epistemológicos, para desenvolver sua prática docente de maneira a trazer os conteúdos para perto dos alunos. Alguns autores (e. g., OLIVEIRA; ROCQUE PALIS, 2011) apontam para a importância da análise de trabalhos de alunos, suas formas de raciocínio, o trabalho em grupos, a resolução de problemas, de questões-abertas, como forma de levar os professores a refletirem tanto questões de conteúdo, quanto aspectos pedagógicos.

Esta preocupação é acentuada quando se pensa em professores dos anos iniciais, fase em que as crianças apresentam uma curiosidade natural sobre o mundo que as cerca, assim como grande facilidade em questionar e elaborar explicações para eventos do seu cotidiano. Se não dispensarmos uma atenção

especial à formação dos professores dos anos iniciais, essas características inerentes a essa faixa etária podem ser desestimuladas e a maioria dos aprendizes transforma-se em estudantes apáticos, pouco questionadores, que facilmente se acostumam a receber conteúdos prontos sem se apropriarem de forma significativa e crítica dos mesmos.

Esta postura passiva, conformada e acrítica, pode ser um dos motivos que leva os educandos a perderem o interesse pela área das Ciências da Natureza. Quando não há contextualização, os conteúdos científicos são apenas transmitidos como verdades inquestionáveis, os alunos sentem-se distanciados do saber científico, pois ele passa a representar algo que não lhes pertence. Acreditamos que ao investirmos em uma abordagem diferenciada no ensino de Física para o Curso Normal estaremos atendendo às demandas antes apontadas e contribuindo para o enfrentamento de certos desafios, pois segundo Carvalho (2002):

As professoras desse nível são abertas às inovações pedagógicas, mas infelizmente têm muito receio de enfrentar aulas de Ciências cujo tema sejam experiências investigativas de física. A falta desse conteúdo em seus cursos de formação cria resistências difíceis de vencer. (CARVALHO, 2002, p.60).

Nessa mesma linha, e visando fomentar uma educação integral e de qualidade, as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Básica dispõem:

[...] é preciso oferecer aos nossos jovens novas perspectivas culturais para que possam expandir seus horizontes e dotá-los de autonomia intelectual, assegurando-lhes o acesso ao conhecimento historicamente acumulado e à produção coletiva de novos conhecimentos, sem perder de vista que a educação também é, em grande medida, uma chave para o exercício dos demais direitos sociais. (BRASIL, 2013, p.145).

Como já referido, buscando contribuir para a mudança nesse quadro e também, visando atender às Diretrizes Curriculares Nacionais, acreditamos que uma formação planejada e problematizadora para os jovens professores, que atuarão nos anos iniciais do Ensino Fundamental, é de essencial importância para a mudança de postura das futuras gerações, fomentada pelas mudanças drásticas pelas quais passa a sociedade moderna e que demandam práticas de ensino flexíveis e ativas em nossas escolas.

Nessa linha, propomos uma abordagem diferenciada da disciplina de Física no Curso Normal, buscando aproximar os futuros professores do conhecimento aceito pela comunidade científica, incentivando a formação destes estudantes como

cidadãos autônomos, críticos e cientes da sua responsabilidade e de seu papel, enquanto educadores(as), como agentes transformadores da realidade. A abordagem incluirá o estudo de um tópico de Física Moderna e Contemporânea: Raios X (características, aspectos históricos, cuidados e interação nos seres vivos), matéria e radiações; e a dinâmica envolverá diversas atividades ao longo de uma sequência de encontros que são descritos no Capítulo 4 desta dissertação.

## 2 PROPOSTA E OBJETIVOS

Esta proposta didática consiste de um conjunto de atividades inspiradas na noção de “tema gerador” do educador Paulo Freire. O tema “matéria, radiação, Raios X e suas implicações” que foi sugerido pela autora deste trabalho não se trata genuinamente de um “tema gerador”, pois não nasceu de uma investigação temática junto aos participantes. Contudo, a ideia foi instigar os futuros professores a se envolverem nas atividades, discutirem e se apropriarem de um conteúdo de Física Moderna e Contemporânea com claras implicações sociais e com reflexos no cotidiano e nos cuidados com a vida das pessoas. É neste sentido que a unidade didática foi inspirada no conceito freireano do “tema gerador”, sendo que várias atividades planejadas foram baseadas na metodologia dialógica de Paulo Freire, que nos serviu de referencial teórico.

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Apresentar uma abordagem didática para o ensino de Física no Curso Normal sobre o tema estruturador “Matéria e Radiação” com base na Pedagogia de Paulo Freire, visando à formação integral e crítica dos educandos, futuros professores das séries iniciais do Ensino Fundamental.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

A proposta foi aplicada no nível profissionalizante do Ensino Médio, visando melhorar a formação de professores para atuarem do primeiro (1º) ao quinto (5º) ano do Ensino Fundamental, com os seguintes objetivos específicos:

- a) propiciar a vivência de diferentes estratégias pedagógicas no ensino de Física a estudantes do Curso Normal;
- b) apresentar a Física como uma ciência contextualizada historicamente e em permanente construção;

- c) incentivar o tratamento e a articulação de um tópico da Física Moderna e Contemporânea através de estratégias diversificadas que permitam percebê-lo como parte da cultura;
- d) refletir a respeito de recursos pedagógicos que alcancem um processo inicial de alfabetização científica nos primeiros anos do Ensino Fundamental;
- e) auxiliar os educandos (futuros professores) a compreenderem seu papel como mediadores do conhecimento científico atual e agentes transformadores da realidade;
- f) fomentar a importância da apreensão de conhecimentos científicos para o desenvolvimento da segurança ao debater questões relacionadas as Ciências da Natureza;
- g) incentivar a formação de cidadãos autônomos e críticos.

Todo o planejamento esteve focado nestes objetivos e procurou, na medida do possível, alcançá-los, promovendo um processo de ensino-aprendizagem que fizesse sentido aos futuros professores e que também os motivasse a promover discussões de temas científicos atuais e de relevância social em suas futuras aulas.

### 3 ESTUDOS RELACIONADOS

A experiência da autora, como já apontado, que vem atuando há vários anos na formação de futuros professores no Curso Normal (antigo Magistério), permitiu perceber que grande parte desses estudantes apresentam enormes dificuldades e desinteresse em estudar Física. Essa pouca relevância (no Curso Normal), fica evidenciada frente à tendência quase naturalizada de associar o ensino de ciências apenas a temas de Biologia, pois a sua formação leva a esta visão.

Soma-se a isto, o já comentado quadro de carência de profissionais das áreas de ciências da natureza, em especial de Física.

Algumas políticas públicas têm buscado suprir essa demanda por mais professores. Segundo Greca *et al.*:

A nova implantação de cursos de licenciatura voltados à formação de professores de ciências no Brasil tomou impulso a partir do início dos anos 2000, com o objetivo de atender à grande demanda nacional por professores de Ciências para o Ensino Fundamental com uma visão ampla e integrada da Física, Química, Biologia e Ciências da Terra. (GRECA *et al.*, 2013, p. 539).

Porém, a implementação de mais cursos de formação de professores de ciências, por si só, não é suficiente. É necessário que esses cursos se adaptem e renovem seus currículos e estratégias, propiciando um ensino interdisciplinar e integrador das disciplinas de Química, Física e Biologia, visando à formação de um profissional diferenciado. Para esses autores:

A complexidade da formação requerida nas Licenciaturas em Ciências da Natureza (LCN) – uma formação que permita desenvolver competências para abordar as ciências da natureza de forma integrada – exige uma proposta pedagógica que propicie um ensino de ciências articulado e capaz de fazer o caminho contrário à usual fragmentação do conhecimento científico. (GRECA *et al.*, 2013, p. 540).

Através da utilização de um ensino por investigação, da elaboração, uso e discussão de um texto sobre Raios X, da abordagem do tema radiações (ionizantes e não ionizantes), de círculos de leitura e discussões, da construção de mapas conceituais e outras atividades na disciplina de Física, buscamos ampliar a visão e os conceitos científicos para que os futuros professores sintam-se mais seguros no ensino das Ciências da Natureza no Ensino Fundamental.

A importância e relevância do tema são referendadas no texto das Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+), em que aparece:

A compreensão dos modelos para a constituição da matéria deve, ainda, incluir as interações no núcleo dos átomos e os modelos que a ciência hoje propõe para um mundo povoado de partículas. Mas será também indispensável ir mais além, aprendendo a identificar, lidar e reconhecer as radiações e seus diferentes usos. Ou seja, o estudo de matéria e radiação indica um tema capaz de organizar as competências relacionadas à compreensão do mundo material microscópico. (BRASIL, 2002, p. 70)

Muitas vezes, esses professores dos anos iniciais do Ensino Fundamental optam por não ensinar conceitos e temas relacionados à Física aos seus alunos por não se sentirem preparados (DANTAS; MASSONI; SANTOS, 2017), por não terem aprendido de forma significativa, ou mesmo, por apresentarem concepções alternativas fortemente enraizadas sobre os mesmos. Segundo Weissmann (1998 *apud* AUGUSTO; AMARAL, 2014, p. 164), “um dos principais obstáculos no momento de querer ensinar é a falta de domínio e atualização dos professores no que se refere aos conteúdos escolares. Não há proposta didática inovadora e eventualmente bem-sucedida que possa superar a falta de conhecimentos do professor”.

Essa postura de não abordar conceitos de Física no ensino de ciências é evidenciada pelas escolhas dos alunos do Curso Normal que, como já mencionado, pouquíssimas vezes ao apresentarem trabalhos na área de Ciências da Natureza optam por tópicos de Física, preferindo abordar temas relacionados apenas à Biologia.

Segundo uma pesquisa realizada por Costa (2000), junto a professoras do Ensino Fundamental em exercício, outros fatores que influenciam no desinteresse desses futuros educadores pelo ensino de ciências, são:

a) desvalorização do ensino de Ciências desde o tempo em que foram alunas; b) o lugar secundário atribuído ao ensino de Ciências na/pela escola e seus profissionais, diante da prioridade dada para o Português e a Matemática; c) a pouca autonomia didática das professoras em uma estrutura escolar hierárquica e burocrática; d) as precárias condições de trabalho das professoras nas escolas. (COSTA, 2000 *apud* AUGUSTO; AMARAL, 2014, p. 164).

A formação de futuros professores, que irão atuar na Educação Fundamental, é de extrema importância, pois eles são responsáveis pelos primeiros contatos das crianças com as ciências, e acabam tendo grande influência positiva (ou negativa) na sua compreensão dos conceitos científicos, especialmente os conceitos da Física. A relevância de buscarmos oferecer um ensino de qualidade na formação desses professores torna-se evidente quando fazemos previsões de longo prazo,

pois, conforme Ostermann e Moreira (1990):

Naturalmente, se é no 1º grau que pela primeira vez o aluno toma contato com os significados científicos de certos conceitos físicos e os confronta com seus próprios significados, é da maior importância que a introdução desses conceitos seja feita de modo a não reforçar os significados não aceitos cientificamente, a evitar a aquisição de significados errôneos e a facilitar a mudança conceitual. (OSTERMAN; MOREIRA, 1990, p. 172).

É preciso lembrar também que o processo de formação de professores deve ser contínuo e equilibrado, aliado a saberes pedagógicos e científicos, almejando-se uma formação integral do educador que permita que este tenha segurança para elaborar e ministrar suas aulas, pois:

[...] a formação de professores deve subsidiar o docente para: selecionar os conteúdos mais adequados às séries iniciais, considerar as concepções prévias dos estudantes, compreender que os conhecimentos são respostas a problemas e que o conhecimento científico se constrói no embate de ideias, pois é uma construção social. (CARVALHO, 1998 *apud* AUGUSTO; AMARAL, 2014, p. 165).

Esforços oficiais na busca de uma educação de qualidade foram evidenciados nos últimos anos através da implementação de programas como o “Pacto Nacional pela Alfabetização” e o “Pacto Nacional pelo Ensino Médio”, que focaram na formação continuada para professores da rede pública e passaram a colocar as etapas iniciais do Ensino Fundamental e o Ensino Médio como prioridade para a melhoria da qualidade da educação pública no Brasil. A forma como estas iniciativas oficiais ganham corpo depende de esforços articulados de muitos agentes: sistemas de ensino, professores, gestores, pesquisadores em educação, universidades, etc.

É urgente e necessária, contudo, a implementação de novas propostas e uma reformulação das práticas docentes. Isto fica evidente nesta breve revisão da literatura, que aponta que ao longo dos anos as dificuldades acumularam-se no ensino de ciências exigindo que somemos esforços no sentido de repensar aspectos pedagógicos e também a atualização dos currículos da Educação Básica.

A importância de uma abordagem diferenciada na disciplina de Física para o Curso Normal recebe destaque no artigo de Marques e Araújo (2010), no qual é relatada a experiência de um curso de extensão sobre física térmica para alunos do Curso Normal, proposta elaborada no âmbito de uma dissertação de Mestrado Profissional em Ensino de Física (Marques, 2009). Os resultados apresentados nesse artigo demonstram uma mudança de postura dos estudantes/professores frente às possibilidades de abordagem de tópicos de física em suas aulas no Ensino

Fundamental e uma maior facilidade na elaboração dos planejamentos de aulas com abordagem de tópicos de física associada ao cotidiano. A relevância de novas propostas pedagógicas na formação de professores também é referendada por Marques & Araujo (2010), que afirmam, “*em nosso entendimento, para o ensino adequado de conceitos científicos nas séries iniciais, é necessário repensar a formação dos professores de Ciências reavaliando os critérios de escolha dos conteúdos, geralmente restritos a tópicos de Biologia*” (Ibid., p. 150).

Recentemente, alguns trabalhos mostraram que é possível ensinar na Educação Básica assuntos considerados complexos de Física Moderna e Contemporânea de forma adequada. Fuchs (2016) em uma dissertação de Mestrado Profissional trabalhou Relatividade Restrita de maneira qualitativa e sob um viés histórico-conceitual e obteve bons resultados junto a um grupo de estudantes do Ensino Médio.

Ao pensarmos uma proposta diferenciada para ser aplicada na disciplina de Física ministrada no Curso Normal, buscamos contribuir com a melhoria de qualidade de ensino e aprendizagem e, ao mesmo tempo, abordar um tópico de Física Moderna e Contemporânea, não apenas visando o Ensino Médio (onde a proposta foi aplicada, no Curso Normal), mas também o Ensino Fundamental (onde esses futuros professores atuarão).

O planejamento esteve baseado na Pedagogia de Paulo Freire, como será exposto no Capítulo 4. Uma estratégia que leva em consideração elementos da perspectiva freireana é conhecida como os “três momentos pedagógicos (3MP)” (DELIZOICOV, 2008). Em grandes linhas, contempla três etapas, ou momentos, assim denominados: 1) *Problematização Inicial* é o momento em que são apresentadas problematizações partindo de temas reais e significativos para os estudantes, temas que suscitem discussões, e permitam que eles expressem seus conhecimentos, ideias, opiniões a respeito das problematizações lançadas. O objetivo é realizar um distanciamento crítico em relação às discussões propostas, fazendo com que percebam a necessidade de aquisição de novos conhecimentos. 2) *Organização do conhecimento*, é o momento em que o professor sistematiza e aprofunda os conteúdos e conceitos envolvidos e propõe atividades que julga pertinentes para facilitar seu trabalho de mediador dos conceitos científicos identificados como necessários para a interpretação científica das problematizações iniciais; 3) *Aplicação do conhecimento*, consiste em um momento de verificar a

capacidade e a potencialidade dos estudantes de externalizarem o nível de conscientização dos conceitos e teorias científicas; um momento de corrigir e complementar ideias que não ficaram claras e de retomar as problematizações iniciais e propor diálogos e atividades que envolvam argumentação e expressem a capacidade crítica de tomar decisões que levam em conta o tema estudado.

Caramello, Zanotello e Pires (2014) também adotaram os 3MP para analisar a produção de professores de Física do Ensino Médio da rede estadual de São Paulo, em um curso de formação continuada oferecida pela Universidade Federal do ABC, e concluíram que a estratégia (3MP) proveu uma releitura da proposta curricular bastante positiva no sentido de poder influenciar suas práticas de ensino.

Em nossa proposta esses três momentos foram todos contemplados, como descrevemos na narrativa dos encontros (Capítulo 5).

## 4 REFERENCIAL TEÓRICO

Para planejarmos uma proposta diferenciada para as aulas de física no Curso Normal, visando à formação integral desses educandos, futuros educadores, utilizamos como referencial teórico as Pedagogias de Paulo Freire.

Paulo Freire é considerado um dos educadores mais influentes do nosso país e seus trabalhos com os *Círculos de Cultura*, nos anos 50, e de alfabetização de adultos repercutiram internacionalmente. Estando à frente do Programa Nacional de Alfabetização de Adultos, do Ministério da Educação, Paulo Freire e sua equipe da Universidade do Recife planejaram o funcionamento no Brasil de mais de vinte mil *Círculos de Cultura* na etapa de alfabetização, que alfabetizavam adultos em um curto espaço de tempo (em torno de dois meses). Na perspectiva de Freire, nessa época, a sociedade brasileira encontrava-se em uma fase de transição e era preciso repensar a educação, de forma que esta “tratasse de ajudar o homem brasileiro em sua emergência e o inserisse criticamente no seu processo histórico. Educação que por isso mesmo libertasse pela conscientização” (FREIRE, 2016, p.90).

Sua filosofia é humanista, pois considera o educando como um ser integral, em que não podem ser dissociados suas ações, pensamentos e sentimentos; assim como seus saberes contextuais e cotidianos não devem ser ignorados. Assim, no processo ensino-aprendizagem o ser humano é visto em sua totalidade, buscando a sua formação integral. Uma educação baseada na humanização e conscientização do ser humano quanto à sua realidade e seu papel de agente transformador da mesma recebe destaque nas Diretrizes Curriculares Nacionais, embasando a escolha do nosso referencial freireano,

Para que se conquiste a inclusão social, a educação escolar deve fundamentar-se na ética e nos valores da liberdade, justiça social, pluralidade, solidariedade e sustentabilidade, cuja finalidade é o pleno desenvolvimento de seus sujeitos, nas dimensões individual e social de cidadãos conscientes de seus direitos e deveres, comprometidos com a transformação social. (BRASIL, 2013, p. 152)

Segundo Paulo Freire, para formarmos educandos críticos e autônomos, devemos nos opor ao sistema de educação bancária, no qual o aluno desempenha um papel passivo, um mero receptor do conhecimento e valores transmitidos pelo professor. A educação bancária tem sido um sistema de ensino perpetuado por muito tempo em nossas escolas e foi altamente criticada por Freire. Prática esta, que consiste em ver a educação como “o ato de depositar, de transferir, de transmitir

valores e conhecimentos” (FREIRE, 2000, p.59).

Em tal sistema, o professor é quem desempenha um papel atuante, central e de detentor do conhecimento, “é o que educa, o que sabe, o que pensa, o que diz a palavra, o que disciplina e identifica a autoridade do saber com sua autoridade funcional” (*Ibid.*, p.59). Ao educando, cabe apenas o papel de mero receptor e observador desse processo, “é aquele que não sabe, não escolhe, escuta docilmente, que segue a prescrição, que deve ser educado e disciplinado” (*Ibid.*, p.59). Tal prática pedagógica não enxerga o educando como um ser integral, com sentimentos e história, desvalorizando seus conhecimentos prévios, sua cultura, sentimentos e capacidade de interagir com mundo. Enquanto o educador “é o sujeito do processo; os educandos, meros objetos” (*Ibid.*, p.59).

Ao refletirmos sobre os métodos da educação tradicional, somos levados a nos questionar sobre o fato de que muitas vezes reproduzimos o sistema bancário em nossas salas de aulas, e quais são as alternativas para que nossa prática pedagógica busque fomentar a formação integral dos estudantes, através da organização reflexiva dos seus pensamentos e do desenvolvimento da sua criticidade. Freire sugere em resposta a essa reflexão sobre o fazer pedagógico, que pensemos “a. Num método ativo, dialógico, crítico e criticista. b. Na modificação do conteúdo programático da educação” (*Ibid.*, p. 93).

A partir das premissas “a” e “b” apresentadas anteriormente e da assunção do princípio de que “ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua própria produção ou a sua construção” (FREIRE, 2007, p.47), para pensarmos uma metodologia em oposição à educação bancária, devemos pensar um ensino centrado no educando, onde este deve se reconhecer como agente da sua educação, pois do contrário, “quanto mais lhes imponha passividade, tanto mais ingenuamente, em lugar de transformar, tendem a adaptar-se ao mundo, à realidade parcializada dos depósitos recebidos” (FREIRE, 2000, p.60). Ainda segundo o autor, na perspectiva de uma educação libertadora,

O importante, do ponto de vista de uma educação libertadora, e não “bancária”, é que, em qualquer dos casos, os homens se sintam sujeitos de seu pensar, discutindo o seu pensar, sua própria visão de mundo, manifestada implícita ou explicitamente, nas suas sugestões e nas de seus companheiros. (*Ibid.*, p. 120).

Para Freire, o cerne do fazer pedagógico está na busca da conscientização em relação à sua realidade através da problematização da mesma. Em sua obra, o

autor relembra-nos que somos seres políticos e sociais, e que assim como o conhecimento, o momento histórico ao qual pertencemos é fruto das interações dos homens com os homens, bem como das interações dos homens com o mundo, portanto, uma criação do ser humano e que pelo mesmo pode ser modificado. A necessidade dessa intervenção em nosso tempo surge devido às inúmeras injustiças e desigualdades presentes em nossa sociedade. Em sua obra o autor argumenta que para atingirmos as mudanças necessárias, devemos pensar em uma pedagogia conscientizadora, baseada na esperança.

O autor argumenta que:

Estamos convencidos de que, qualquer esforço de educação popular, esteja ou não associado a uma capacitação profissional, seja no campo agrícola ou industrial urbano, deve ter, pelas razões até agora analisadas, um objetivo fundamental: através da problematização homem-mundo ou do homem em suas relações com o mundo e com os homens, possibilitar que estes aprofundem sua tomada de consciência da realidade na qual e com a qual estão. (FREIRE, 1985, p.33).

Buscando desvelar a realidade, inicia-se o primeiro momento pedagógico: a *problematização inicial*, pois assim, “o fatalismo diante da realidade, característico da percepção distorcida, cede seu lugar à esperança. Uma esperança crítica que move os homens para a transformação” (FREIRE, 2016, p.66).

Ao trabalharmos com uma educação dialógica e problematizadora, estamos ampliando as possibilidades de construção do conhecimento, valorizando os conhecimentos sociais e culturais do educando. Segundo Freire:

A tarefa do educador dialógico é, trabalhando em equipe interdisciplinar este universo temático recolhido na investigação, devolvê-lo, como problema, não como dissertação, aos homens de quem recebeu. Se na etapa da alfabetização, a educação problematizadora e de comunicação busca e investiga a “palavra geradora”, na pós-alfabetização, busca e investiga o tema gerador. (FREIRE, 2000, p.102).

Ainda a respeito dos temas geradores, “se chamam geradores porque, qualquer que seja a natureza de sua compreensão, como a ação por eles provocada, contêm em si a possibilidade de desdobrar-se em outros tantos temas, que por sua vez, provocam novas tarefas que devem ser cumpridas” (*Ibid.*, p. 93). Destacamos, novamente, que em nossa proposta o tema Raios X, matéria e radiação não surgiu de uma investigação temática, mas foi inspirado na noção de “tema gerador freireano” porque procuramos abri-lo em outros temas, às implicações, aos usos e aos cuidados com a saúde, etc.

Para Freire, partindo da situação concreta na qual estão inseridos, e que com frequência ingenuamente creem ser imutável, poderão os oprimidos, ao desvelarem e problematizarem sua realidade, transformá-la.

Em sua obra *A Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa* (FREIRE, 2007), ele aborda alguns princípios fundamentais à docência em três capítulos intitulados: “1- Não há docência sem discência, 2- Ensinar não é transferir conhecimento e 3- Ensinar é uma especificidade humana”.

No primeiro capítulo é evidenciado que o ato de ensinar não está dissociado do aprender, ensinar e aprender são atos contínuos e baseados em uma relação horizontal, de diálogo e troca de experiências. A atividade docente não ocorre desvinculada do aprender, “quem ensina aprende ao ensinar e quem aprende ensina ao aprender” (*Ibid.*, p.23).

O segundo capítulo apresenta as bases para o segundo momento pedagógico da nossa proposta, conhecido na literatura nacional como “Organização do Conhecimento”, onde pensamos o uso de diferentes abordagens para a apresentação dos conhecimentos científicos. Por sermos seres inacabados e em constante modificação, devido às interações com o mundo e com as pessoas, sempre que aprendemos algo, colocamos nossa visão de mundo, nossas crenças e atuamos sobre o que estamos aprendendo (e ensinando), modificando, interpretando e assim (re)construindo o nosso conhecimento como seres históricos e sociais que somos.

Freire afirma que:

Mulheres e homens, somos os únicos seres que, social e historicamente, nos tornamos capazes de apreender. Por isso, somos os únicos em quem aprender é uma aventura criadora, algo, por isso mesmo, muito mais rico do que meramente repetir a *lição dada*. Aprender para nós é construir, reconstruir, constatar para mudar, que não se faz sem abertura ao risco e à aventura do espírito (*Ibid.*, p. 69).

Ainda dentre os saberes necessários à prática docente debatida por Freire nesse capítulo, gostaríamos de destacar que “Ensinar exige bom senso”, sendo que o bom senso leva ao desenvolvimento de algumas virtudes essenciais ao professor que se compromete com o ser integral que é o educando. No dia a dia em sala de aula, por exemplo,

É o meu bom senso que me adverte que exercer a minha autoridade de professor na classe, tomando decisões, orientando atividades, estabelecendo tarefas, cobrando a produção individual e coletiva do grupo

não é sinal de autoritarismo da minha parte. É a minha autoridade cumprindo seu dever (*Ibid.*, p. 61).

Ao operacionalizarmos nossa prática visando à “organização do conhecimento” e aceitando a premissa que “Ensinar exige a convicção de que a mudança é possível”, Freire nos lembra que apenas poderemos desempenhar um projeto educacional libertador se realmente acreditamos na educação como ferramenta de mudança social. Nas palavras do educador, “Constatando nos tornamos capazes de intervir na realidade, tarefa incomparavelmente mais complexa e geradora de novos saberes do que simplesmente a de nos adaptar a ela.” (*Ibid.*, p. 77).

Se, de um lado, não posso me adaptar ou me converter ao saber ingênuo dos grupos populares, de outro, não posso, se realmente progressista, impor-lhes arrogantemente o meu saber como *verdadeiro*. O diálogo em que se vai desafiando o grupo popular a pensar sua história social como a experiência igualmente social de seus membros, vai revelando a necessidade de superar certos saberes que, desnudados, vão mostrando sua “incompetência” para explicar os fatos. (*Ibid.*, p.81)

Freire afirma que “Ensinar exige curiosidade”, mas como comentamos anteriormente na introdução desta dissertação, a curiosidade é uma característica inata aos seres humanos e que pode ser oprimida no processo educacional. Devemos, professores e estudantes, interagir de forma a incentivar a curiosidade, a busca conjunta por perguntas e respostas. Assim, para fomentá-la é essencial “estimular a pergunta, a reflexão crítica sobre a própria pergunta, o que se pretende com esta ou com aquela pergunta em lugar da passividade em face das explicações discursivas do professor [...]” (*Ibid.*, p.86).

Ainda, para que o ensinar-aprender não caia no simplismo da curiosidade ingênua, da pergunta pela pergunta, devemos ser “epistemologicamente curiosos” (*Ibid.*, p.86), isto é, ir além da pergunta ingênua, e descobrir novos sentidos para as palavras cotidianas, que surgem no diálogo. Esse diálogo reflexivo, evidencia que a comunicação é parte essencial do processo, e o professor é um dos agentes do processo de ensinar-aprender, e deve sempre procurar o equilíbrio entre a autoridade e a liberdade. Assim, uma consideração importante sobre a comunicação em sala de aula é que:

A dialogicidade não nega a validade de momentos explicativos, narrativos em que o professor expõe ou fala do objeto. O fundamental é que professor e alunos saibam que a postura deles, do professor e dos alunos, é

dialógica, aberta, curiosa, indagadora e não apassivada, enquanto fala ou enquanto ouve. (*Ibid.*, p.86)

No terceiro capítulo da obra, o autor versa sobre a constatação que “ensinar é uma especificidade humana”, é um ato político e social, através do qual estamos intervindo no mundo e na realidade do educando. Portanto, o professor precisa ter “segurança, competência profissional e generosidade” (*Ibid.*, p.91). Como o momento pedagógico se dá no encontro e na interação entre as pessoas e destas com o mundo, visando uma formação integral dos seres envolvidos, é necessário lembrarmos sempre que “o clima de respeito que nasce de relações justas, sérias, humildes, generosas, em que a autoridade docente e as liberdades dos alunos se assumem eticamente, autentica o caráter formador do espaço pedagógico” (*Ibid.*, p.92).

Devemos lembrar também, como educadores e formadores de educadores, que o educador deve sempre estar ciente do seu papel político, e que ao pensar sua prática pedagógica assume que “sua opção é a humanização, não pode então aceitar que seja o “agente da mudança”, mas um de seus agentes” (FREIRE, 2016, p. 68). Por sermos um dos agentes, é preciso desenvolvermos um dos saberes que está esquecido, o de que “ensinar exige saber escutar” (FREIRE, 2007, p.113).

Para vencermos prazos e conteúdos, muitas vezes esquecemos ou não nos permitimos experimentar o diálogo verdadeiro, perdemos a essência da comunicação. Por isso devemos internalizar o hábito de escutar aos outros, com a devida atenção, respeito e humildade, pois, “o educador que escuta aprende a difícil lição de transformar o seu discurso, às vezes necessário, ao aluno, em uma fala com ele” (*Ibid.*, p.113). Para que ocorra a comunicação, devemos considerar as diferentes formas de linguagem. Assim, o autor explica que “escutar, no sentido aqui discutido significa a disponibilidade permanente por parte do sujeito que escuta para a abertura à fala do outro, ao gesto do outro, às diferenças do outro” (*Ibid.*, p. 119).

Freire também nos leva a refletir sobre a importância do que ensino e sobre o papel do professor no “terceiro momento pedagógico”, em que se refere à “Aplicação do Conhecimento”, escrevendo,

Na verdade, meu papel como professor ao ensinar o conteúdo a ou b, não é apenas o de me esforçar para, com clareza máxima, descrever a substantividade do conteúdo para que o aluno o fixe. Meu papel fundamental, ao falar com clareza sobre o objeto, é incitar o aluno a fim de que ele, com os materiais que ofereço, produza a compreensão do objeto

em lugar de recebê-la, na íntegra, de mim. Ele precisa se apropriar da inteligência do conteúdo para que a verdadeira relação de comunicação entre mim, como professor, e ele, como aluno se estabeleça (*Ibid.*, p. 118).

Ao planejarmos nossas aulas, ao entrarmos em sala de aula e ao nos relacionarmos com os educandos, estamos sempre sendo norteados pelas nossas crenças, valores, visão de mundo e exercemos um papel político. Se quisermos formar professores autônomos, que consigam de alguma forma tocar seus alunos e se desejamos mudar o quadro atual do Ensino de Ciências e da formação de profissionais ligados às Ciências da Natureza, bem como promover mudanças na realidade social e educacional do nosso país, devemos iniciar a mudança em nossas práticas pedagógicas. Devemos refletir constantemente sobre nossa prática, pois como afirma Freire (2007), “não há docência sem discência”, e

Quando vivemos a autenticidade exigida pela prática de ensinar-aprender participamos de uma experiência total, diretiva, política, ideológica, gnosiológica, pedagógica, estética e ética, em que a boniteza deve achar-se de mãos dadas com a decência e com a seriedade (*Ibid.*, p. 24).

Acreditamos que utilizando a Pedagogia de Paulo Freire para elaborar nossa proposta, tivemos um aporte teórico adequado para o planejamento das aulas de Física para o Curso Normal. cremos que com base em suas ideias não apenas contribuimos para a discussão e apreensão dos conceitos científicos, mas principalmente, tivemos oportunidades de alcançar uma formação integral e profissional desses(as) futuros(as) professores(as), aproximando o discurso da prática na busca de uma educação libertadora e humanizadora. Assim, ao escolhermos a Pedagogia de Freire, estamos em consonância com a Base Nacional Comum Curricular para o Ensino Fundamental, na qual se destaca que “apreender ciência não é a finalidade última do letramento, mas, sim, o desenvolvimento da capacidade de atuação no e sobre o mundo, importante ao exercício pleno da cidadania” (BRASIL, 2018, p. 319)

Freire nos ensina que:

Educar e educar-se, na prática da liberdade, não é estender algo desde a “sede do saber”, até a “sede da ignorância” para “salvar”, com este saber, os que habitam nesta.

Ao contrário, educar e educar-se, na prática da liberdade, é tarefa daqueles que sabem que pouco sabem – por isto sabem que sabem algo e podem assim chegar a saber mais – em diálogo com aqueles que, quase sempre, pensam que nada sabem, para que estes, transformando seu pensar que

nada sabem em saber que pouco sabem, possam igualmente saber mais (FREIRE, 1985, p.25).

Em suma, a pedagogia de Freire nos remete aos círculos de cultura, às discussões em grupos, à ideia de palavras e temas geradores (como sistematizado na Figura 1) e, desta forma, pretendemos que um tópico da Física Moderna e Contemporânea – Raios X, matéria e radiação – fosse tomado como sendo relevante aos futuros professores no sentido de incentivá-los a abordarem, em suas próprias aulas, temas de interesse social associados.

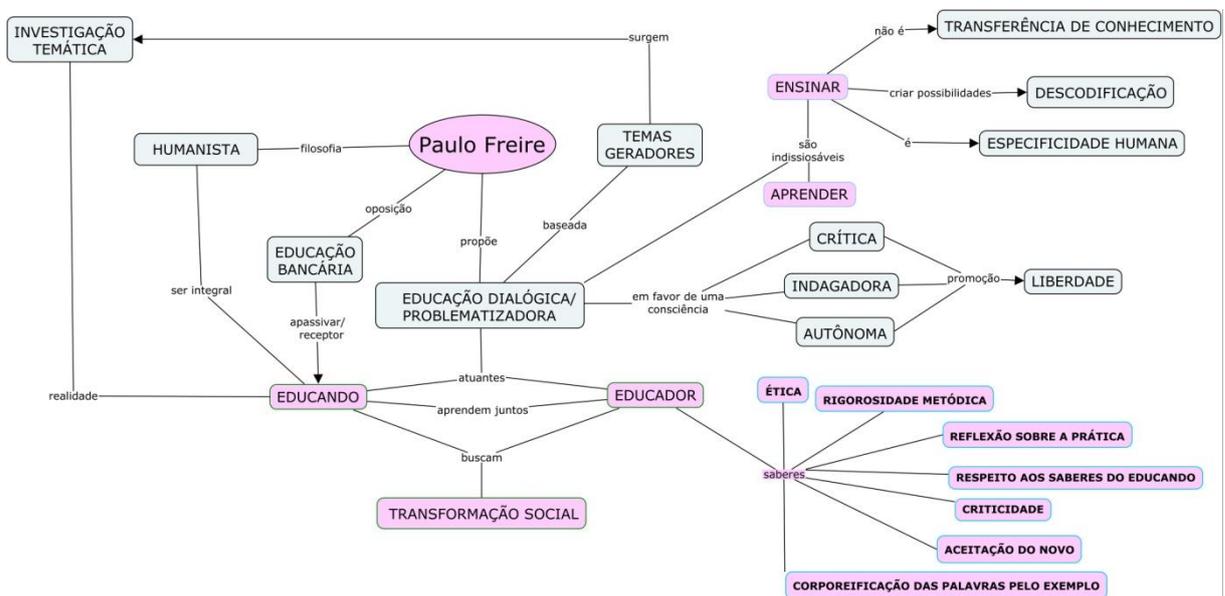


Figura 1: mapa conceitual das principais ideias de Paulo Freire.

Paulo Freire na obra "Pedagogia do Oprimido" diz que se pode representar essa investigação em "círculos concêntricos". Os temas envolvem o que ele chama de "situações-limite" e estas implicam a existência do opressor, aquele a quem o oprimido "serve", "nega", "freia". A investigação temática resulta em temas que são "temas geradores" (qualquer que seja a natureza de sua compreensão) e, segundo o autor, "é importante enfatizar que o tema gerador não se encontra nos homens isolados da realidade, nem tampouco na realidade separada dos homens. Só pode ser compreendido nas relações homens-mundo" (*Ibid.*, p. 98).

Portanto, a ideia dos círculos concêntricos é que se parta do mais geral ao mais particular; nos círculos menores estão as situações-limite, as diversificações, as subáreas, as unidades específicas. Partindo, então, de situações cotidianas da vida do educando, baseadas no "mundo que impressiona e desafia a uns e a outros, originando visões ou pontos de vista sobre ele" (*Ibid.*, p. 84), e as quais

correspondem as bases para pensarmos os conteúdos programáticos para nos dirigimos às situações limites.

Para Freire, a compreensão crítica só vem quando o aprendiz é capaz de tomar os pedaços, as partes, as unidades, os conceitos específicos e reconhecer a interação que constitui o todo. A ideia, então, é partir de uma visão geral para os elementos mais particulares e voltar à totalidade, agora com mais clareza. Assim ocorre o processo de “descodificação” que “promove o surgimento da nova percepção e o desenvolvimento de novo conhecimento.” (*Ibid.*, p. 110).

Fizemos uso de elementos da pedagogia freireana abordados no presente capítulo e planejamos e aplicamos uma sequência didática que é objeto da narrativa do Capítulo 5, apresentado na sequência.

## 5 APLICAÇÃO DA PROPOSTA

A proposta didática relatada nesta dissertação contou com vinte horas-aula de 50 minutos cada, e foi aplicada no Instituto de Educação General Flores da Cunha, em Porto Alegre, RS, junto a uma turma de primeiro ano do Curso Normal. A escola oferece, na modalidade da educação básica à nível médio, duas opções de cursos: o Ensino Médio e o Curso Normal (profissionalizante). O Curso Normal prepara os estudantes para atuarem como professores na educação infantil nos primeiros anos do Ensino Fundamental, sendo composto por disciplinas de formação geral e disciplinas específicas para a formação profissional, como Didática da Matemática e Didática das Ciências. Ao final do curso o estudante obtém certificação do Ensino Médio e após a realização do Estágio de Docência recebe a habilitação para o Magistério. No terceiro trimestre do calendário letivo do ano de 2016, ano da aplicação do projeto, a escola contava com três turmas do Curso Normal: o primeiro ano com dezoito frequentes, o segundo ano com duas alunas frequentes e o terceiro ano com onze estudantes frequentes. O Instituto de Educação foi por muitos anos referência na formação de professores para as séries iniciais da educação básica, formando um grande número de educadores. Acredita-se que o reduzido número de estudantes frequentes está associado, além da desvalorização da carreira do magistério, ao fato da escola estar fora de sua sede original devido a reformas no prédio, o que dificultava o acesso para muitos estudantes.

Uma visão panorâmica dos temas e objetivos de cada aula é mostrada no Quadro 1, apresentado na sequência, que envolve o planejamento de dez encontros. Salientamos que em nossa aplicação acabamos realizando dez encontros, e não nove como era previsto inicialmente no projeto, já que muitas vezes os estudantes não conseguiam concluir as atividades propostas para o encontro, ora por necessitarem de mais tempo para a realização das mesmas, ora por apresentarem resistência em cumprir o horário de término das aulas, e também por sentirmos a necessidade da retomada de conceitos em alguns encontros para que a turma atingisse os objetivos de aprendizagem propostos nesse projeto. Desta forma, lembramos ao professor que eventualmente se interesse em aplicar esta estratégia que o número de encontros pode depender da dinâmica da turma e do contexto particular.

Quadro 1: panorama dos encontros e dos objetivos de ensino da presente proposta.

	<b>Tempo</b>	<b>Tema</b>	<b>Objetivos de ensino</b>
Encontro 1	2 h-a	O que tem na caixa?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Propiciar um diálogo inicial para levantamento dos conhecimentos, dúvidas e interesses dos alunos a respeito do tema “Matéria e Radiação” e, assim, iniciar a problematização do tema;</li> <li>- Apresentar e introduzir a utilização da ferramenta mapas conceituais;</li> <li>- Construir um mapa conceitual coletivo dos conceitos iniciais acerca do tema “Matéria e Radiação” a partir de objetos do cotidiano e suas representações.</li> </ul>
Encontro 2	2 h-a	Artigo sobre Raios X	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Propiciar um contato inicial com alguns conceitos de Ondulatória e Física Moderna (matéria e raios X);</li> <li>- Propiciar a aproximação do educando com a linguagem científica;</li> <li>- Fomentar a elaboração pelos alunos de questões sobre o tema como forma de subsidiar a discussão dos conceitos abordados no artigo nos encontros posteriores.</li> </ul>
Encontro 3	2 h-a	Ondas: conceitos introdutórios	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Subsidiar a formalização dos conceitos relativos ao estudo de ondas, tipos, características e classificação;</li> <li>- Propiciar aos estudantes a aproximação com a linguagem científica.</li> </ul>
Encontro 4	2 h-a	Ondas: conceitos e relações matemáticas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Propiciar situações nas quais os estudantes pudessem relacionar e aplicar os conceitos sobre ondas abordados e debatidos;</li> <li>- Formalizar a relação matemática entre velocidade, frequência e comprimento de onda.</li> </ul>
Encontro 5	2 h-a	Formação dos Raios X	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistematizar e formalizar os conceitos referentes à produção dos raios X;</li> <li>- Fomentar a percepção e compreensão do caráter histórico e social na produção do conhecimento científico, bem como sua disseminação e utilização pela sociedade.</li> </ul>
Encontro 6	2 h-a	Formação dos Raios X	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fomentar a percepção e compreensão do caráter histórico e social na produção do conhecimento científico, bem como sua disseminação e utilização pela sociedade;</li> <li>- Construir um mapa conceitual acerca do tema “Raios X” a partir da leitura do texto de apoio oferecido aos estudantes (artigo) e dos debates promovidos em aula.</li> </ul>

Encontro 7	2 h-a	Retomada da formação dos Raios X	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Propiciar uma análise dialógica e problematizada dos mapas conceituais elaborados pelos estudantes e dos conceitos relativos à formação dos raios X;</li> <li>- Oferecer situações nas quais os estudantes pudessem relacionar e aplicar os conceitos sobre ondas, bem como as relações matemáticas envolvidas no seu estudo;</li> <li>- Incentivar a autonomia e a criticidade através da apropriação e discussão dos conhecimentos científicos relativos ao tema Matéria e Radiação para a elaboração da dramatização.</li> </ul>
Encontro 8	2 h-a	Proteção Radiológica	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Promover um debate crítico sobre os riscos e benefícios da exposição à radiação, seus efeitos biológicos, bem como as medidas de proteção;</li> <li>- Incitar reflexões acerca da disponibilização e acesso da população em geral aos benefícios advindos da utilização dos raios X na área médica;</li> <li>- Oferecer aos estudantes um momento de reflexão sobre os raios X, sua formação, seus riscos e benefícios e os aspectos sociais e culturais relacionados a sua utilização.</li> </ul>
Encontro 9	2 h-a	Dramatização e matéria e radiação: conclusão da elaboração	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Retomar a reflexão sobre os raios X, sua formação, seus riscos e benefícios e os aspectos sociais e culturais relacionados a sua utilização;</li> <li>- Subsidiar a preparação de uma dramatização que envolvesse os conceitos estudados e também aspectos históricos associados à “descoberta”, avanço e uso dos raios X;</li> <li>- Incentivar a autonomia e a criticidade através da apropriação e discussão dos conhecimentos científicos.</li> </ul>
Encontro 10	2 h-a	Apresentação das dramatizações Entrando em cena!	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Envolver os educandos em um momento de reflexão sobre os raios X, sua formação, seus riscos e benefícios e os aspectos sociais e culturais relacionados a sua utilização, através da apropriação pelos educandos dos conhecimentos científicos, enfatizando os aspectos históricos e sociais na sua construção;</li> <li>- Auxiliar os educandos (futuros professores) a compreenderem seu papel como mediadores do conhecimento e agentes transformadores da realidade.</li> </ul>

Na sequência são apresentados os planos de aula seguidos de uma narrativa de como se deu cada encontro e das discussões que foram possíveis de serem promovidas.

## 5.1 ENCONTRO 1: O QUE TEM NA CAIXA?

### 5.1.1 Plano de Aula 1

**Data:** 29/09/2016, quinta-feira

**Períodos:** 2 h-a (1h40min)

**Conteúdo:** Matéria, radiação e suas interações.

**Objetivos:** oferecer condições de aprendizagem para que os educandos possam:

1. Refletir seus conhecimentos e crenças a respeito do tema “matéria, radiação e suas interações”;
2. Reconhecer conceitos fundamentais associados ao tema em estudo;
3. Traçar mapa conceitual a partir da discussão dos objetos retirados da caixa (relacionados ao tema);
4. Compartilhar ideias;
5. Negociar argumentos sobre um tópico da Física de interesse social.

#### **Procedimentos:**

- Atividade Inicial:

Os alunos serão dispostos em círculo e no centro estará uma folha grande de papel pardo, na qual irão largando os objetos que serão retirados de uma caixa fechada que circulará entre os alunos. A caixa conterá alguns materiais (como, por exemplo, radiografia, protetor solar, miniatura de um aparelho de micro-ondas, bonecos e animais de pelúcia, aparelho de celular, aparelho de rádio, entre outros). Informarei aos educandos que dentro da caixa encontrarão alguns objetos (ou representações de objetos) do nosso cotidiano que se relacionam com o tema que iremos abordar no decorrer das aulas que se seguirão.

- Desenvolvimento:

Solicitarei que os estudantes, um por vez, retirem um objeto de dentro da caixa, descreva o objeto que retirou e comente sobre sua utilização no cotidiano; após, deverão posicionar os objetos sobre o papel pardo. Concluída a retirada dos objetos, através de questionamentos propostos pela professora, os educandos serão

incentivados a relatar semelhanças e diferenças entre os objetos apresentados. Assim, através da interação dialógica buscarei problematizar o tema e sua relação com a realidade com o objetivo de refletir a realidade, como propõe Paulo Freire. A partir das ideias relatadas pelos alunos, os objetos podem ser reorganizados em cima do papel pardo. Ao finalizarmos a retirada dos objetos e da explosão de ideias, os nomes dos objetos serão anotados com pincel atômico no lugar onde foram colocados, e as relações (semelhanças e diferenças) entre os mesmos serão escritas para buscar identificar ligações (relações) entre os objetos. A ideia é fazer surgir conceitos relacionados ao tema e poderão ser traçadas setas para realizar as ligações quando necessário. Assim, teremos construído coletivamente o nosso mapa conceitual inicial sobre o tema “Matéria e Radiação” que será ponto inicial de nossa discussão.

Após a conclusão da construção do mapa conceitual coletivo, fixaremos o mesmo em uma parede da sala e faremos sua leitura.

- Fechamento:

Explicarei que as ideias levantadas nessa aula estão relacionadas ao tema “Matéria e Radiação” e introduzirei alguns conceitos iniciais; esclarecerei que a técnica que teremos utilizado trata-se da construção de mapas conceituais, retomarei aspectos importantes dessa ferramenta e destacarei que esta atividade pode ser utilizada também nos primeiros anos do Ensino Fundamental, para trabalhar diferentes conteúdos em distintos níveis de aprofundamento, utilizando material concreto ou gravuras.

Recursos:

- Papel pardo;
- Uma caixa grande;
- Material de uso comum (canetinhas coloridas e/ou pincel atômico, fita para fixar o cartaz);
- Objetos da caixa: uma radiografia, um protetor solar, uma miniatura de um aparelho de micro-ondas, um boneco de uma pessoa, um animal de pelúcia, um aparelho de celular, um aparelho de rádio, um controle remoto, um par de óculos de

sol, uma lâmpada incandescente, uma lâmpada fluorescente e uma representação do sol.

### **5.1.2 Relato do Encontro 1**

Neste primeiro dia de aplicação do projeto, ao chegar à escola, dirigi-me à sala dos professores para encontrar com a professora titular de física da turma, que iria me apresentar aos estudantes. No caminho até a sala de aula nos encontramos com um estagiário de física que estava realizando observação das aulas da professora titular. Ao chegarmos à sala de aula, os alunos informaram à professora que o horário havia mudado naquela semana, e que os períodos de física não seriam mais os primeiros e sim os últimos. A fim de resolver esse contratempo, ela solicitou ao professor dos primeiros períodos se ele poderia nos ceder os períodos, mas como ele estava com estagiário ministrando as aulas, isto não foi possível. Após conversar com alguns colegas, a professora conseguiu o terceiro e quarto períodos com a turma para que eu pudesse iniciar o projeto. Neste tempo que tivemos disponível, acompanhei a professora em outra turma do Curso Normal e pude assim conhecer um pouco mais da estrutura da escola e do funcionamento do Curso Normal nessa escola pública.

No início do terceiro período, já na sala da turma do primeiro ano, primeiramente eles questionaram a professora sobre a mudança no horário, ela explicou aos estudantes a situação, aproveitando para me apresentar como aluna do Mestrado Profissional da UFRGS e informou que eu iria trabalhar com eles por um tempo. Logo em seguida, ela se retirou da sala para atender outra turma, mas o estagiário permaneceu na turma comigo.

Esperiei que os alunos se acomodassem e me apresentei, explicando que ficaria com eles em torno de nove encontros, falei dos motivos da minha escolha para trabalhar com a física na formação de professores para os anos iniciais do Ensino Fundamental e ressaltai a importância dos professores nos primeiros anos da vida escolar e seu papel fundamental no incentivo ao estudo de ciências. Após, solicitei que os estudantes se apresentassem e dissessem os motivos que os levaram a escolher o Curso Normal. Para minha surpresa, pouquíssimos estudantes disseram que estavam no curso por gostarem e desejarem se tornar professores. A maioria informou estar no curso por tradição familiar (avós, mães, irmãs haviam

cursado) ou decisão da família. Uma estudante comentou que os pais se confundiram no momento da matrícula, mas que ela estava gostando, e optou por permanecer no curso.

Durante a apresentação, fiz alguns questionamentos quanto à cidade onde moravam e se já eram estudantes dessa escola durante o Ensino Fundamental. O diálogo indicou que maioria dos alunos ingressou na escola naquele ano e poucos alunos não moravam em Porto Alegre (uma aluna era de Cachoeirinha e outra de Viamão, situadas na região metropolitana).

A turma de primeiro ano contava com vinte e um alunos matriculados, sendo dezessete meninas e quatro meninos. Porém, frequentavam as aulas durante a aplicação do projeto apenas dezoito alunos.

Após as apresentações expliquei que começaríamos nossa atividade com uma brincadeira intitulada “O que tem na caixa?”. As classes e cadeiras da sala estavam dispostas em “U”, assim estendi um papel pardo no chão no meio da sala e perguntei se eles se importavam de sentarmos no chão ao redor do papel pardo, prontamente eles disseram não haver problemas e dirigiram-se para o centro da sala. Uma das estudantes disse que não queria sentar no chão, então sugeri que ela trouxesse uma cadeira para o centro, mas em seguida ela mudou de ideia e se juntou a nós, sentando no chão.

Expliquei que a ideia era que cada aluno tirasse um objeto de dentro da caixa e então falaríamos um pouco sobre ele, tentando descrever sua utilidade, como aquele objeto funcionava e sua relação com os demais objetos que iriam saindo da caixa. Comentei com os alunos que o objetivo era montarmos um mapa conceitual com aqueles objetos, e perguntei se eles já haviam alguma vez trabalhado com a técnica de mapas conceituais. Uma das estudantes respondeu que sim, e descreveu brevemente como era a dinâmica, porém a maioria dos estudantes não sabia o que era. Comentei que eu explicaria como fazer um mapa conceitual e que aquele primeiro construiríamos juntos.

Quando íamos iniciar a atividade entraram na sala três alunos que estavam terminando um trabalho da disciplina que teriam naquele período, pois acharam que iriam apresentar nesse dia. Convidei-os a sentar-se conosco e me apresentei brevemente, eles disseram seus nomes e voltamos à atividade.

Os estudantes demonstraram muita empolgação, estavam surpresos com o formato da caixa e curiosos para saber o que tinha dentro. Depois de decidirmos

quem iniciaria, optamos por passar a caixa de mão em mão na ordem em que estavam sentados.

O primeiro objeto a ser retirado da caixa foi um cachorro de pelúcia. A estudante descreveu o cão, suas funções vitais e falou um pouco da sua relação com os seres humanos. Antes de prosseguirmos a atividade eles “batizaram” o cão com o nome de “Buenas” e colocaram-no no meio do papel pardo.

O segundo objeto retirado foi uma boneca, que também foi descrita pela estudante. Comentei que os objetos que estavam na caixa eram representações, e questionei sobre o que a boneca estaria representando? Prontamente os estudantes responderam que ela representava uma pessoa e descreveram, além das funções vitais, as relações de afeto e convivência entre os cães e as pessoas.

Na sequência, os alunos retiraram uma lâmpada incandescente e uma fluorescente, destacaram como principal função das lâmpadas iluminar, relataram que a lâmpada incandescente produzia calor e a fluorescente não; uma das estudantes comentou sobre a diferença entre as cores emitidas pelas duas lâmpadas e a consequente qualidade das fotos conforme o tipo de iluminação. Este comentário (quanto ao fato de uma emitir luz branca e a outra, mais próximo do amarelo) gerou bastante curiosidade e argumentações, mais do que o comentário a respeito da diferença de consumo relatado por outro estudante. A seguir o objeto analisado foi uma representação de um forno de micro-ondas; os estudantes destacaram como função do aparelho aquecer os alimentos, estando por este fato relacionado às pessoas e ao cachorro. Argumentaram que, assim como a lâmpada incandescente, também produzia calor e que no aparelho de micro-ondas também havia uma lâmpada.

O próximo objeto retirado foi uma radiografia e acerca desse objeto se estabeleceu o seguinte diálogo<sup>1</sup>:

*E4: Esse é muito fácil! É um raio-X e a gente usa pra ver os ossos quebrados, quando a gente se machuca.*

*Professora-pesquisadora: Ver os ossos é a única aplicação da radiografia?*

*E6: Podemos também ver outras partes do corpo, serve pra ver por dentro. Já fiz um raio-X do pulmão, mas porque estava muito gripado, não tinha nada quebrado.*

---

<sup>1</sup> Para preservar a identidade dos estudantes, utilizamos letras e números para identificar quem fala, por exemplo: E4 significa “estudante 4” segundo a lista de chamada da classe.

Professora-pesquisadora: *E onde vamos colocar a radiografia? Com quais objetos podemos relacionar?*

E4: *Vou colocar perto da pessoa, porque ela faz os raios-X.*

E5: *Tem que colocar perto do Buenas também, a gente também faz raios-X no cachorro.*

Os dois objetos seguintes foram um protetor solar e um par de óculos de sol. Os estudantes imediatamente relacionaram com a pessoa e com o cachorro, observando que eram fundamentais para a proteção da pele e dos olhos contra a radiação solar. Uma das estudantes comentou que tanto os óculos como o protetor solar eram importantes para todos os tipos de pele, pois nos protegiam dos raios UV. Neste momento questionei-os sobre o que seriam os raios UV, e a estudante E2 respondeu: “é uma radiação da luz do Sol, que faz mal e dá câncer”.

Prosseguindo a atividade, retiraram um rádio e a primeira reação foi ligá-lo e tentar sintonizar em alguma emissora. Prontamente eles disseram que a função do rádio era fornecer informações e entretenimento. Um estudante comentou que ele precisava de satélites e outra que ele emitia ondas. Eles apenas citaram que o “rádio” poderia ser FM ou AM, mas não souberam dizer o que isto significava. Em seguida foi retirado da caixa um aparelho de telefone celular, e os comentários foram muito semelhantes aos feitos para o rádio, acrescentando o acesso à internet e o envio e recebimento de dados, porém, sem se deterem em como esses dados eram transmitidos.

O penúltimo objeto a ser retirado da caixa foi uma representação do Sol e os estudantes relacionaram o Sol com as lâmpadas e o micro-ondas devido a produção de luz e calor. Salientaram que era indispensável ao ser humano para manter a vida na Terra, possibilitar que as plantas realizassem a fotossíntese, permitir a produção de alimentos e auxiliar o organismo na produção de vitamina D. Retornaram à questão da proteção relacionando com o protetor solar e os óculos de sol.

Um aspecto interessante surgiu no momento em que alertei que aquele objeto era uma representação do Sol: os estudantes disseram que sabiam que o Sol possuía formato esférico, e que era uma bola de “fogo”, e uma das estudantes complementou gesticulando que existiam explosões em sua superfície e emissões em consequência disso.

O último objeto a ser retirado da caixa foi um controle remoto. As relações apresentadas pelos alunos foram apenas com a pessoa e com os outros equipamentos, devido ao fato de ser uma tecnologia que buscava facilitar a vida do

ser humano e proporcionar entretenimento. Quando direcionei os questionamentos para o funcionamento do controle remoto, os estudantes não souberam explicar com clareza, mas debatendo chegaram ao consenso que ele enviava informação.

Com todos os objetos em cima do papel pardo, informei aos estudantes que deveriam, nesse momento, organizá-los para construir o nosso mapa conceitual. Deveriam dispô-los de modo a facilitar as relações que eles haviam levantado durante a atividade. Os alunos concluíram que seria mais fácil eleger um objeto para colocar no centro, com o qual os outros estivessem relacionados; após um pequeno debate entre o Sol e a pessoa, eles decidiram que o centro do mapa deveria ser ocupado pelo ser humano. A seguir colocaram o Sol e as lâmpadas para um lado, pois emitiam luz; o rádio, o celular e o forno de micro-ondas para o outro lado, alegando que eram tecnologias que facilitavam a vida das pessoas; o cão, a radiografia, o protetor solar e os óculos foram posicionados juntos e próximos ao ser humano.

Após o posicionamento dos objetos, fomos para o intervalo. Ao retornarmos tive alguma dificuldade para que alguns estudantes reentrassem na sala de aula para que retomássemos a atividade, pois um estudante de outra turma passou mal durante o intervalo, e eles estavam muito impressionados e curiosos com a situação, permanecendo por muito tempo fora da sala de aula. Foram necessários cerca de 15 minutos para que os estudantes estivessem novamente posicionados ao redor do papel pardo e retomássemos a atividade.

Para prosseguir na confecção do mapa, expliquei aos estudantes que deveríamos retirar os objetos e escrever, em seu lugar, o respectivo nome, porém salientei que seria importante discutirmos as relações que faríamos antes de iniciar a escrita, com o intuito de melhorar a organização e clareza do mapa. Nesse momento os estudantes retomaram alguns dos comentários que haviam feito antes do intervalo sobre as relações entre os objetos, e os reorganizaram. A estudante E1, que não havia sentado com os demais colegas no chão após o retorno do intervalo, ficou fazendo comentários do seu lugar, porém, geralmente ela apenas se manifestava quando algum colega não sugeria exatamente as relações que eles haviam debatido anteriormente.

Após escreverem os nomes dos objetos, reforcei que aqueles eram os conceitos que estávamos trabalhando e solicitei que eles os colocassem dentro de formas geométricas (retângulos, balões, etc.), e na sequência iniciamos a

negociação de ligações. Iniciei essa parte da atividade indagando quais conceitos eles relacionariam com o ser humano; após as primeiras respostas, selecionei uma para fazermos juntos e servir de exemplo. Como vários estudantes queriam escrever, distribuí as canetas, mas solicitei que debatêssemos antes de eles escreverem cada palavra de ligação. Os estudantes demonstraram muita empolgação e interesse durante a confecção do mapa, e frequentemente apresentaram dúvidas quanto ao sentido em que colocariam as setas nas linhas que faziam as ligações entre conceitos. Expliquei, então, que elas poderiam estar nos dois sentidos, ou nem colocarmos setas, que isso dependeria de como eles haviam feito as ligações e como eles explicariam o mapa conceitual.

Com o mapa finalizado, solicitei aos estudantes que o explicassem. A estudante E2, auxiliada pelo colega E3 apresentaram o mapa, e as explicações foram sendo complementadas pelos demais colegas.



*Figura 2: sequência de momentos durante a montagem do mapa conceitual coletivo.*  
 Fonte: foto capturada pela professora titular da turma.

Comentei que esse fora o primeiro mapa deles sobre o tema “matéria e radiação”, e que, com o desenvolvimento das atividades, provavelmente o próximo mapa que eles fariam sobre o tema já seria diferente desse primeiro. Comentei também que havia gostado e achado muito interessante o mapa confeccionado por eles, pois quando eu selecionara os objetos, algumas das relações e informações que eles elencaram eu não havia pensado. Assim, o mapa que eu elaborei mentalmente com aqueles mesmos conceitos/objetos era diferente do mapa que eles produziram. Neste momento a estudante E2 me perguntou se o mapa que eles tinham feito era melhor ou pior do que o mapa que eu havia pensado. Respondi que nem melhor e nem pior, eram apenas diferentes, e perguntei para ela se todos nós



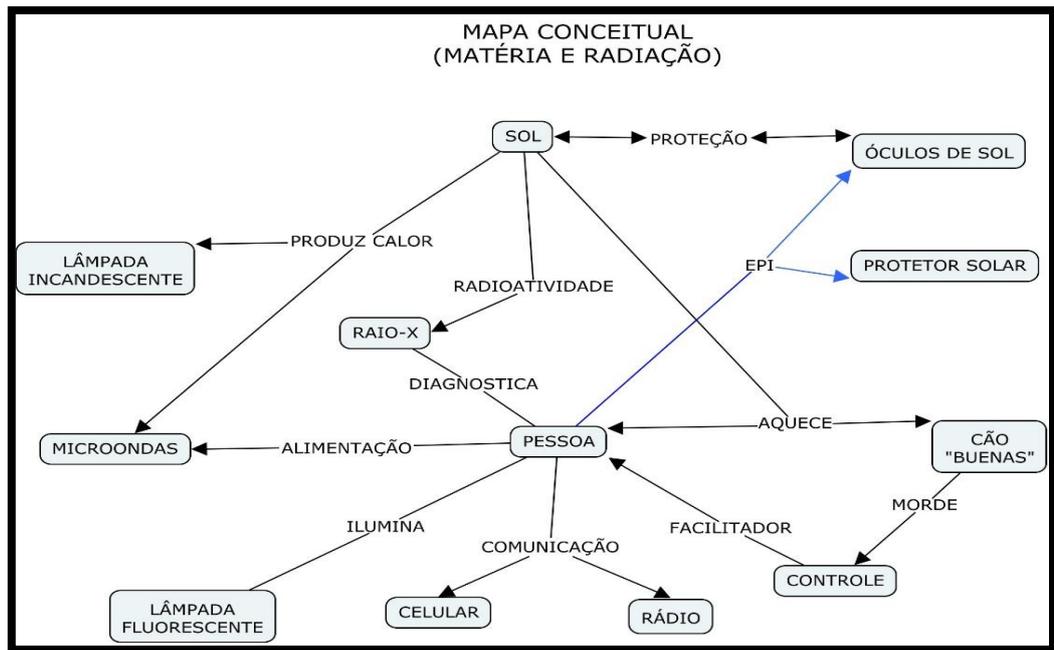


Figura 4: transcrição /representação do mapa conceitual elaborado pelos estudantes no 1º encontro.  
Fonte: transcrição elaborada pela professora-pesquisadora desta proposta.

Dando prosseguimento, comentei que uma das características que objetos como o celular, as lâmpadas, o controle remoto, o micro-ondas, o Sol e o rádio era funcionarem através de (ou emitir) ondas eletromagnéticas, e que esta característica seria discutida nas aulas seguintes.

Para encerrar a aula, solicitei que os estudantes colocassem seus nomes no cartaz e falassem da experiência da construção do mapa. O estudante E3 disse que o que mais gostou foi o fato de que “todos puderam falar ao retirar um objeto” e também que puderam expressar suas ideias nas discussões com os colegas.

Uma das premissas de Freire sobre a docência destaca que “ensinar exige respeitar os saberes dos educandos” (Freire, 1996, p.30). Ao propiciarmos situações em sala de aula, nas quais os estudantes podem expressar os seus saberes e as suas vivências, estamos estabelecendo uma educação dialógica baseada na comunicação entre os envolvidos no processo, que é de suma importância para uma educação que busque a transformação dos indivíduos e da sociedade.

Ainda sobre a realização da atividade, a estudante E4 disse que achou muito divertida e que “poderia ser utilizada com as crianças quando eles fossem dar aulas”. Esta colocação da estudante E4 demonstra que um dos objetivos pensados para esta proposta de trabalho, visando à formação dos futuros docentes, de fato parece ter sido alcançado, pois incita as necessárias mudanças pelas quais o

sistema educacional há tanto tempo anseia e leva em conta que “Ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para sua produção ou a sua construção” (FREIRE, 2007, p. 22). É a partir do princípio fundamental “*mudar é difícil, mas é possível*” que vamos programar nossa ação político-pedagógica, não importa se o projeto com o qual nos comprometemos é de alfabetização de adultos ou de crianças, se de ação sanitária, se de evangelização, se de formação de mão de obra técnica (FREIRE, 2007, p.79).

Complementei o comentário de E4 fazendo sugestões para que utilizassem, além de objetos, gravuras ou palavras dentro de um envelope, que pudessem ser coladas no mapa a ser trabalhado com as crianças. Uma outra sugestão para a sequência da abordagem do tema com os estudantes do Ensino Fundamental seria a realização de uma pesquisa com os mesmos, por exemplo, a investigação sobre em qual parte do corpo eles já realizaram um exame utilizando raios X e montar um infográfico coletivo com os dados levantados. Desta forma, estes futuros professores poderiam refletir possíveis transposições dos temas debatidos nas aulas de Física para as suas aulas no Ensino Fundamental.

Solicitei que os estudantes retornassem aos seus lugares e que fixassem o cartaz na parede da sala. O estudante E5 disse que o mapa estava muito legal, e perguntou se eles poderiam afixar fora da sala de aula para que as demais turmas pudessem ver o trabalho que eles haviam realizado. Concordei com a sugestão e colocamos o cartaz no corredor, ao lado da porta da sala e despedi-me da turma.

Esse primeiro encontro foi extremamente gratificante, pois percebermos quão rica pode ser uma atividade dialógica que busque uma aproximação do cotidiano e dos saberes dos estudantes com os conteúdos escolares. Também porque acreditamos que ao propiciarmos à turma vivências escolares diferenciadas e que estimulassem os estudantes a refletirem sobre a sua futura prática pedagógica, estamos buscando fazer com que esses futuros professores do Ensino Fundamental atendam, em suas práticas, as orientações dos PCNs para o ensino de ciências nesse nível escolar. De acordo com o documento:

Se a intenção é que os alunos se apropriem do conhecimento científico e desenvolvam uma autonomia no pensar e no agir, é importante conceber a relação de ensino e aprendizagem como uma relação entre sujeitos, em que cada um, a seu modo e com determinado papel, está envolvido na construção de uma compreensão dos fenômenos naturais e suas

transformações, na formação de atitudes e valores humanos. (BRASIL, 1997, p. 28).

Nesse sentido a presente estratégia alinha-se com documentos oficiais para uma formação para a cidadania, através do diálogo entre os estudantes e a professora, buscando a problematização do tema e valorizando as contribuições dos educandos no debate.

## 5.2 ENCONTRO 2: PRIMEIRA LEITURA DO ARTIGO SOBRE RAIOS X E ONDAS

### 5.2.1 Plano de Aula 2

**Data:** 06/10/2016, quinta-feira

**Períodos:** 2 h-a (1h40min)

**Conteúdo:** Raios X e ondas

**Objetivos:** oferecer condições de aprendizagem para que os estudantes possam:

1. Descrever as principais características das ondas;
2. Distinguir diferentes tipos de ondas (ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas);
3. Reconhecer conceitos associados à estrutura da matéria, ondas e radiações, energia, etc.;
4. Identificar e selecionar conceitos que ainda não conhecem sobre o tema;
5. Negociar significados de conceito científicos.

#### **Procedimentos:**

- Atividade Inicial:

Os educandos serão separados em duplas, ou trios, conforme suas preferências, para a leitura de um artigo sobre raios X e ondulatória (Apêndice A)<sup>2</sup>, texto este que foi elaborado para fins de implementação desta proposta. Durante a leitura do artigo os estudantes deverão destacar no próprio texto conceitos que lhes parecem relevantes e palavras cujo significado desconhecem.

- Desenvolvimento:

Solicitarei, na sequência, que os estudantes construam e entreguem ao final da atividade de leitura do artigo, quatro questões que serão reunidas, misturadas e

---

<sup>2</sup> “Raios X: um tema instigante para a introdução da Física Moderna e Contemporânea na sala de aula do Ensino Básico” trata-se de um artigo que foi escrito no primeiro semestre de 2016 pela autora deste trabalho em colaboração com as orientadoras e foi publicado em revista nacional (TEIXEIRA; MASSONI; VARGAS, 2017).

redistribuídas aleatoriamente entre as duplas para a elaboração das respostas sobre os diferentes itens contidos no texto. Também solicitarei uma lista de palavras e/ou conceitos que desconhecem ou cujo significado não compreenderam. A ideia aqui é iniciar a discussão dos conceitos científicos a partir de “palavras” que os educandos identificarão como não pertencentes ao seu cotidiano a fim de que lhes possam atribuir significado, como sugere Freire. A escolha dos itens para elaboração das perguntas ficará a critério dos grupos. Destacarei aos estudantes que as perguntas podem ter diferentes graus de complexidade, e que não devem se preocupar com a aparente simplicidade das perguntas elaboradas. Deixarei claro também que se trata de um contato inicial com o tema e que os conceitos apresentados, assim como o próprio texto do artigo, serão retomados no decorrer da sequência das aulas.

A listagem das palavras/conceitos desconhecidos é de suma importância para a proposta, pois ao pensarmos a educação como um processo dialógico de comunicação, todos os envolvidos precisam utilizar a mesma linguagem, caso contrário, o processo educacional torna-se vazio de significado para o educando.

- Fechamento:

Após a conclusão da leitura e elaboração das perguntas e respostas a serem entregues, solicitarei que os estudantes compartilhem no grande grupo suas experiências e sensações com a atividade. Farei intervenções sempre que se mostrar necessário para introduzir questionamentos quanto à linguagem do texto (por exemplo, se estava acessível, se apresentou muitas palavras novas, se o tema foi percebido como tendo implicações sociais), sobre as figuras apresentadas e pertinência dos temas para suas vidas.

Recursos:

- Cópias impressas do artigo intitulado “Raios X: um tema instigante para a introdução da Física Moderna e Contemporânea na sala de aula do ensino básico”;
- Cópias dos formulários para lista de palavras e elaboração das questões (Apêndices B e C);
- Material de uso comum (caneta, marcador, etc.).

Avaliação:

Serão avaliadas as questões construídas e as respostas dadas pelas duplas.

### 5.2.2 Relato do Encontro 2

Ao iniciar o segundo encontro, percebi que havia oito estudantes que não estiveram na primeira aula e, então, apresentei-me novamente explicando brevemente o trabalho que iríamos desenvolver. Antes de terminar a explicação, alguns estudantes chegaram atrasados, concluí a apresentação da proposta e avisei à turma que minha orientadora iria assistir à aula.

Como nessa aula estiveram presentes quase o dobro dos estudantes da aula anterior (dezesete estudantes presentes), perguntei se alguém gostaria de explicar para os colegas as atividades realizadas no primeiro encontro.

A estudante E4 explicou que havia uma caixa com formato incrível cheia de objetos relacionados à radiação, Raios X, e citou alguns objetos. O estudante E3 complementou explicando a dinâmica que fora feita com a finalidade de elaborarem um mapa conceitual com os conceitos/objetos. A estudante E2 falou que o mapa conceitual confeccionado por eles sobre radiação era aquele que estava exposto no lado de fora da sala. Agradei os relatos, complementei que em outros momentos retomaríamos o uso de mapas conceituais e que seguiríamos abordando o tema nos próximos encontros.

Para iniciar as atividades previstas para aquele encontro, escrevi no quadro a seguinte sequência: leitura de artigo (Apêndice A), elaboração de lista de palavras e de questões sobre o mesmo.

Solicitei que os alunos sentassem em duplas, ou trios, e sugeri que ao realizarem a leitura destacassem palavras cujo significado eles não conheciam, ou frases, ou parágrafos que eles julgassem interessantes para elaborar questões. Expliquei também que eles estavam recebendo duas folhas por grupo: uma para a lista de palavras (Apêndice B) e outra para as questões (Apêndice C); avisei que eu auxiliaria os grupos durante a realização das atividades e que eles não deveriam responder às perguntas, mas apenas elaborá-las para que fossem respondidas em outra atividade a ser realizada em outro encontro. Conforme os grupos eram formados, foram recebendo cópia do artigo e das folhas para as atividades. Alguns grupos solicitaram mais de uma cópia do artigo para fazer suas anotações.

No início da leitura os estudantes questionaram o que significava *abstract* e argumentaram que eles não sabiam ler em inglês, mas os tranquilizei explicando que correspondia ao resumo e que este estava apresentado em português no artigo.

Ao caminhar entre os grupos observei que a maioria demorou muito para iniciar a atividade e que eles não se sentiam estimulados a ler o artigo, dispersavam-se em conversas e nos celulares. Procurei incentivar a leitura abordando a importância de ler e destacar aspectos interessantes do tema, lembrando comentários que haviam feito na aula anterior sobre o assunto; sugeri que lessem para o colega um parágrafo e alertei que não precisavam ficar angustiados com suas dificuldades em compreender alguns aspectos, pois os mesmos seriam retomados nas aulas seguintes e que, conforme fossem lendo, poderiam, simultaneamente, realizar as atividades solicitadas.

Percebi que algumas perguntas eram recorrentes nos grupos, como, por exemplo: Haveria um mínimo de palavras que eles não conheciam o significado para a lista? Eles precisariam saber responder as perguntas que eles elaboravam? Para ambas, respondi negativamente. Expliquei que como a lista abordava as palavras cujo significado eles desconheciam, a quantidade (de palavras) seria diferente para cada grupo, mas disse que acreditava que em torno de dez a quinze palavras seriam desconhecidas, já que estávamos abordando um tema novo.

Quanto às perguntas elaboradas, salientei que não era para serem respondidas naquele momento, pois era o primeiro contato com o assunto; que poderiam elaborar questionamentos que envolvessem inclusive suas dúvidas e curiosidades; que buscaríamos responder às perguntas no decorrer da sequência didática e que essas perguntas me auxiliariam no planejamento dos próximos encontros.

Observei também que algumas palavras apareceram com frequência, como, por exemplo, “subsídios”, que está no resumo do artigo, e que em geral os grupos necessitaram do meu auxílio. Todavia, outras palavras tiveram seu significado discutido e esclarecido no próprio grupo, como “repelir” e “oscilar”. Por exemplo, o estudante E6 explicou a seu grupo que oscilar era sinônimo de variar, falando para os colegas: “é como o humor de alguém que fosse bipolar, variando entre ora muito feliz e eufórico, ora muito triste”.

Um comentário interessante que surgiu durante a leitura do artigo foi feito por um grupo que demonstrou muito empenho em realizar a atividade. As estudantes comentaram que estava difícil listar as palavras, pois após anotarem, percebiam que o significado da palavra surgia na sequência do texto (citaram, como exemplo, o termo “cátodo”). Expliquei que não precisavam retirar a palavra da lista, pois

configurava para elas uma palavra nova, que essa informação era importante para facilitar a nossa comunicação nos próximos encontros. Ao todo, os alunos destacaram vinte e duas palavras, que estão apresentadas no Quadro 2.

*Quadro 2: lista de palavras/conceitos construída pelos estudantes durante a primeira leitura do artigo.*

Alfa	Indissociável
Ânodo	Molibdênio
Beta	Nanométrica
Bremsstrahlung	Oscilar
Camada K	Perpendiculares
Cátodo	Quantizada
Energia cinética	Repelidos
Estanque	Simultâneas
Filamento	Sincrotron
Fótons	Sísmicas
Gama	Subsídios

Esse encontro não foi muito produtivo, pois revelou uma grande rejeição por parte dos estudantes à atividade de leitura e mostrou que, possivelmente, não estavam habituados a esse tipo de tarefa. Quase todos os grupos realizaram a atividade sem comprometimento e observei que se dispersavam com facilidade em conversas ou nos celulares, não lendo integralmente o artigo, realizando a atividade rapidamente apenas com o objetivo de finalizar, sem muita preocupação com os resultados. Em torno de trinta minutos antes do encerramento da aula, um número considerável de grupos já havia terminado e organizavam seu material para irem embora, revelando que não leram todo o texto. Mesmo passando pelos grupos e buscando motivá-los, não obtive bons resultados. Ficou evidente que a rejeição e baixo engajamento a uma atividade de leitura de um texto mais longo e com caráter científico era enorme.

Isto se mostrou um tanto frustrante no final desse segundo encontro já que o artigo foi escrito com o objetivo de facilitar a introdução do tema e tinha, na opinião das autoras, uma linguagem acessível. De qualquer modo, revelou como, às vezes, as expectativas do professor não se concretizam, demandando criatividade para propor novas e diferentes dinâmicas.

A capacitação desses futuros profissionais para que se sintam aptos a abordar questões referentes ao ensino de física no Ensino Fundamental, passa pela

conscientização de que devem se qualificar para tal atividade, pois é essencial que o professor domine os conteúdos que irá abordar, segundo Freire: “assim como não posso ser professor sem me achar capacitado para ensinar certo e bem os conteúdos de minha disciplina não posso, por outro lado, reduzir minha prática docente ao puro ensino daqueles conteúdos” (FREIRE, 2007, p.103).

## 5.3 ENCONTRO 3: ONDAS

### 5.3.1 Plano de Aula 3

**Data:** 13/10/2016, quinta-feira

**Períodos:** 2 h-a (1h40min)

**Conteúdo:** Ondas e classificação das ondas.

**Objetivos:** oferecer condições de aprendizagem para que os estudantes possam:

- 1- Apreender os conceitos de onda, frequência, período, comprimento de onda, amplitude, crista e vales;
- 2- Descrever e diferenciar ondas mecânicas e eletromagnéticas, bem como as ondas longitudinais e transversais;
- 3- Estabelecer relações entre esses conceitos;
- 4- Negociar o significado de conceitos científicos.

Procedimentos:

- Atividade Inicial:

Iniciarei a aula retomando algumas semelhanças e diferenças que foram levantadas pelos estudantes durante o debate inicial e a atividade de elaboração do mapa conceitual coletivo ocorrido na primeira aula; utilizarei o próprio mapa que estará exposto na sala. Comentarei também que durante a leitura do texto sobre raios X, encontramos a afirmação de que os raios X, assim como a luz e as ondas de rádio, são ondas eletromagnéticas. Pedirei aos estudantes que me ajudem a elaborar uma definição para o conceito de onda.

- Desenvolvimento:

Anotarei no quadro as respostas dadas pelos estudantes e durante a exposição dialogada retornarei a elas, valorizando, assim, as contribuições dos estudantes e fazendo um paralelo entre a linguagem utilizada por eles e a linguagem científica sobre o conteúdo de ondas.

Utilizarei o *software* “Onda em corda” disponibilizado na web pelo *PhET Interactive Simulations*<sup>3</sup> e farei demonstrações virtuais sobre comprimento de onda, amplitude, período e frequência, explicando os conceitos. As demonstrações serão intercaladas com a apresentação de *slides*, em *powerpoint*, contendo as figuras do artigo utilizado como texto de apoio.

Para abordar a classificação das ondas, quanto à direção de propagação (longitudinal e transversal), simularei os dois tipos de ondas utilizando uma mola e questionarei aos alunos sobre semelhanças e diferenças. Após a demonstração, explicarei a diferença entre ondas longitudinais e transversais, e destacaremos no artigo os conceitos debatidos.

Dando continuidade à atividade, explicarei aos estudantes que as ondas podem ainda ser classificadas quanto à sua natureza: ondas mecânicas ou eletromagnéticas. Exibirei um pequeno trecho de um documentário do canal *History Chanel*<sup>4</sup> (2min23s) que aborda historicamente, de forma breve, os trabalhos desenvolvidos por James Clerk Maxwell e Frank Hertz sobre ondas eletromagnéticas, evidenciando a relação entre eletricidade e magnetismo.

- Fechamento:

Encerrarei a aula solicitando que os educandos respondam para a próxima aula a lista de exercícios contida no material de apoio.

Recursos:

- Computador e *Datashow*;
- Apresentação de *slides*;
- Uma mola de plástico;
- Ímã e limalha de ferro;
- Material de apoio impresso (Apêndice D) com lista de exercícios;
- Simulação: *Ondas em corda*, disponível em

[https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-on-a-string/latest/wave-on-a-string\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-on-a-string/latest/wave-on-a-string_pt_BR.html), acesso 10 de abr 2018.

---

<sup>3</sup> Simulação pode ser encontrada em: [https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-on-a-string/latest/wave-on-a-string\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-on-a-string/latest/wave-on-a-string_pt_BR.html), Acesso 10 de abr 2018.

<sup>4</sup> Vídeo sobre os trabalhos de Maxwell e Hertz disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=FYArBY19V6o>

– Vídeo sobre os trabalhos de Maxwell e Hertz disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=FYArBYI9V6o>, acesso em: 31 ago 2016.

- Material de uso comum (quadro, canetas, etc.).

### 5.3.2 Relato do Encontro 3

Nessa quinta-feira enquanto aguardava o início da aula, encontrei alguns dos estudantes da turma dispersos no pátio. Eles contaram que haviam trocado de sala e que estavam fora da sala de aula naquele período devido a uma confraternização organizada por eles para celebrar o aniversário de uma professora. Com o equipamento em mãos, dirigi-me à nova sala de aula e combinamos que aguardaríamos o término do período, mas que eu já deixaria o material organizado para iniciarmos a aula, e, assim, otimizarmos o nosso tempo juntos.

Ao tocar o sinal, os estudantes organizaram as cadeiras da sala em forma de “U”, mas demoraram para sentar em seus lugares e para organizar seus materiais. Eles ficavam muito dispersos depois de períodos de confraternização. Comentei que para iniciarmos a aula daquele dia e darmos sequência ao tema abordado na aula anterior, iríamos assistir ao videoclipe de uma música bem conhecida, que mencionava o assunto que iríamos trabalhar. Convidei-os para dançar e acompanhar a coreografia do clipe, já que alguns ainda estavam caminhando pela sala. Esse início da aula não estava no planejamento, porém, como quando eu cheguei à sala de aula, eles estavam ouvindo música e dançando, achei que deveria aproveitar a oportunidade para incentivar o uso das diferentes linguagens que nos cercam e chamar-lhes a atenção para a aula de física. Como a música e a dança estão extremamente presentes na vida dos adolescentes, valorizar essas formas de expressão, assim como o teatro que planejamos utilizar nos encontros finais desta proposta, aproximam a escola do contexto social em que vivem, incentivando a liberdade de expressão e comunicação através do uso de diferentes linguagens.

Após anunciar que iríamos ouvir e dançar uma música, os estudantes ficaram surpresos e mostraram-se incrédulos. O clipe a que assistimos exibiu uma coreografia da música “Onda” do grupo “Tchakabum”. A maioria dos estudantes acompanhou a música no lugar em que estavam sentados, mas os estudantes E6 e E7 dirigiram-se à frente da turma para acompanharem a coreografia. Os demais

cantaram e ficaram muito empolgados com os dois colegas que estavam dançando. A maioria acompanhou dançando o refrão da música. Apesar da letra da música não abordar conceitos científicos sobre ondas, durante a coreografia os estudantes imitavam com as mãos o movimento de oscilação de uma onda, e ao terminarmos de assistir ao clipe aplaudimos os colegas. Questionei-os sobre qual tema abordaríamos na aula, ao que os estudantes responderam em coro que era sobre ondas.

Assim começou essa aula. Disse à turma que agora que já sabíamos o tema, com base nas aulas anteriores, com suas vivências e com a leitura do artigo, eu precisava da ajuda deles para elaborarmos uma definição de onda. Conforme os estudantes iam falando, fui anotando suas contribuições no quadro.

A primeira contribuição foi da estudante E2 dizendo que onda era “algo assim” e movimentou as mãos demonstrando uma onda transversal. Reproduzi o desenho no quadro abaixo da palavra onda.

Na sequência os estudantes fizeram os seguintes comentários (informação verbal), que fui anotando no quadro, logo abaixo do desenho:

- *algo que passa e não vemos;*
- *uma força;*
- *movimento;*
- *ondas sonoras;*
- *podem se cruzar;*
- *amplitude;*
- *forma de onda;*
- *magnetismo, como nas ondas do rádio.*

Este último comentário foi feito pelo estudante E6, no momento que eu iniciava a retomada das ideias apresentadas por eles. Ele perguntou se poderíamos anotar mais uma informação na lista, algo que ele havia lembrado do texto. Anotei o seu comentário referente às ondas de rádio. Enquanto os estudantes propunham ideias para a conceituação de onda, várias vezes os comentários estavam acompanhados de frases que remetiam à leitura do artigo feita na aula anterior. Este aspecto pode estar mostrando que alguns conceitos permaneceram na cognição dos estudantes, embora eu tenha observado dificuldades na realização da atividade da aula anterior (primeira leitura do artigo) que visava promover um contato inicial com os conhecimentos técnico- científicos relativos ao tema, na formação do professor.

Segundo Freire, “o professor que não leve a sério sua formação, que não estude, que não se esforce para estar à altura de sua tarefa, não tem força moral para coordenar as atividades de sua classe” (Freire, 2007, p. 92).

Devido a essas dificuldades de realização da leitura do texto pelos estudantes, realizei outra alteração no planejamento inicial para este encontro. Buscando uma melhor compreensão do texto, optei por utilizar diretamente o artigo e suas figuras na sequência dessa aula, e não por trazê-las em um material separado para que eles fossem completando no decorrer da explicação. Dessa forma, acredito que o artigo pode ser mais bem aproveitado, buscando familiarizar os estudantes com a linguagem adotada, auxiliando assim a leitura e compreensão do mesmo. Redistribuí cópias do artigo, de forma que cada aluno tivesse uma para trabalhar durante as aulas, e expliquei que aquele texto seria utilizado como material de apoio na maioria das aulas. Solicitei também que separassem o material para destacar trechos e fazer anotações.

Iniciando com os *slides*, apresentei a definição de onda como transporte de energia e indiquei no texto as frases que deveriam ser destacadas. Solicitei aos estudantes que citassem alguma onda de que eles lembrassem, e os mesmos mencionaram as ondas do mar, ondas sonoras, micro-ondas, ondas do telefone celular e ondas de rádio.

Na sequência, iniciei a explicação sobre a natureza das ondas, ressaltando que poderiam ser classificadas como mecânicas ou eletromagnéticas. Informei que falaríamos primeiramente das ondas mecânicas, e indiquei no texto o trecho referente a ondas mecânicas, solicitando que destacassem as informações. Um dos exemplos citados no artigo é o de ondas sísmicas, e esta fora uma das palavras listadas na aula anterior como um conceito que eles não conheciam.

Expliquei aos estudantes que “sísmica” estava relacionada aos sismos, que são os terremotos ou tremores de terra, e abordei brevemente sobre as placas tectônicas e a origem dos terremotos devido à movimentação destas placas e o transporte de energia através das ondas sísmicas. Os estudantes contribuíram na explicação falando sobre as camadas da Terra e suas constituições. E6 comentou que se essa onda fosse produzida em regiões abaixo do oceano gerariam os *tsunamis*. Nesse momento, E2 lembrou que no ano de 2010 um grande terremoto havia destruído o Haiti, e em 2016, a população desse país estava sofrendo novamente devido à passagem de um furacão. A tragédia no Haiti estava sendo

abordada diariamente pelos meios de comunicação, e vários estudantes contribuíram com informações ou comentários que demonstravam solidariedade com o povo haitiano. Compreender a linguagem científica, tão veiculada na mídia, em geral sem a preocupação com a adequada interpretação por grande parte da população, é de vital importância na educação científica, para que os estudantes possam desenvolver seu senso crítico e exercer sua cidadania. Segundo os PCNs sobre o ensino de ciências no Ensino Fundamental,

A apropriação de seus conceitos e procedimentos pode contribuir para o questionamento do que se vê e ouve, para a ampliação das explicações acerca dos fenômenos da natureza, para a compreensão e valoração dos modos de intervir na natureza e de utilizar seus recursos, para a compreensão dos recursos tecnológicos que realizam essas mediações, para a reflexão sobre questões éticas implícitas nas relações entre Ciência, Sociedade e Tecnologia. (BRASIL, 1997, p. 22).

O próximo *slide* abordava as ondas eletromagnéticas e trazia uma figura do artigo representando uma onda eletromagnética com os campos elétricos e magnéticos desenhados. Neste ponto pretendia retomar o mapa conceitual elaborado no primeiro encontro, mas como os estudantes foram trocados de sala, o mapa não estava exposto, então, solicitei aos estudantes que me elencassem alguns dos objetos que eles haviam retirado da caixa surpresa na primeira atividade e, após, comentei que a maioria daqueles objetos tinham seu funcionamento relacionado às ondas eletromagnéticas. Neste momento exibi um pequeno vídeo sobre os trabalhos de Maxwell e Hertz e reforcei a relação entre a eletricidade e o magnetismo, destacando também a importância histórica do trabalho desses cientistas, bem como o caráter inconclusivo do conhecimento científico e sua constante modificação.

Para exemplificar os campos elétricos e magnéticos, que exigem uma abstração maior, expliquei que o campo magnético estava associado a uma região do espaço onde, por exemplo, um ímã como o que eu segurava, exercia influência. Utilizando o ímã sob uma folha, derramei limalha de ferro e expliquei que ela se organizava naquela configuração devido à influência que o ímã exercia ao seu redor, e que tal configuração representava o campo magnético. Aproveitei para mencionar também as forças de atração e repulsão, pedindo aos estudantes que testassem, com um par de ímãs que disponibilizei para circular pela turma. Frisei que ímãs possuem sempre dois polos, denominados Norte e Sul, mas que não estava escrito

em nenhum ímã essas palavras e destaquei que elas foram criações humanas para designar dois comportamentos distintos.

Dando seguimento, abordei a classificação das ondas quanto à direção de propagação. Após a explicação, utilizando as figuras do *slide*, solicitei a E8 que me auxiliasse com a demonstração de ondas longitudinais e transversais com auxílio de uma mola de plástico. Para demonstrar ondas longitudinais apoiamos a mola no chão, a fim de facilitar a visualização, já que a mesma não é muito resistente. Os estudantes ficaram empolgados e pediram para repetir a demonstração. Permiti aos estudantes E6 e E4 que produzissem ondas transversais e longitudinais na mola, e combinei que aos demais deixaria os últimos minutos da aula para manipularem a mola.

Na sequência, apresentei os *slides* com os conceitos de amplitude, comprimento de onda, período e frequência. Para exemplificar, busquei indagá-los sobre questões do cotidiano como a duração do período de aula, do período de rotação e translação da Terra, a fim de relacioná-los com esses novos conceitos apresentados no estudo das ondas. Complementando, realizei demonstrações com a simulação “Ondas em corda”, disponibilizada na página do *PhET Interactive Simulations*, como indicado no plano de aula.

Os estudantes ficaram encantados com a simulação. O uso de telefones celulares e computadores preenche boa parte do dia das novas gerações. Possivelmente não tenhamos mais como fugir dessas tecnologias que permeiam nosso cotidiano, nem fazermos da escola um ambiente tão distante e diverso do resto do nosso dia a dia. Precisamos dialogar com as novas ferramentas e utilizá-las como aliadas em sala de aula. Talvez esta seja uma forma de encantamento, de aproximação da escola com a vida desses estudantes. Como seres históricos e sociais que somos não podemos nos furtar da obrigação de incluir as tecnologias no cotidiano escolar. No curso de magistério, estamos formando uma nova geração de professores. Como podemos desejar que transformem suas vidas e suas salas de aula se repetimos há décadas o mesmo padrão? A necessidade de repensarmos e modificarmos a nossa prática pedagógica, tarefa nem sempre simples, é evidenciada por Freire, que aqui reproduzimos:

[...] ensinar não é transferir conteúdo a ninguém, assim como aprender não é memorizar o perfil do conteúdo transferido no discurso vertical do professor. Ensinar e aprender têm que ver com o esforço metodicamente crítico do professor de desvelar a compreensão de algo e com o empenho

igualmente crítico do aluno de ir *entrando* como sujeito em aprendizagem, no processo de desvelamento que o professor ou professora deve deflagrar. Isso não tem nada que ver com a transferência do conteúdo e fala da dificuldade mas, ao mesmo tempo, da boniteza da docência e da discência. (FREIRE, 2007, p.119)

Na exploração da simulação fiz inúmeras alterações nos parâmetros, como frequência, amplitude e comprimento de onda, e sempre indagava à turma sobre as consequências dessas alterações, sobre o que mudaria na onda. Os estudantes faziam contribuições muitas vezes utilizando gestos para exemplificar suas previsões. Na sequência, eles começaram a sugerir as alterações dos parâmetros como, por exemplo, solicitando que eu aumentasse ao máximo a amplitude e a frequência. Procedi indagando sobre as possíveis consequências antes de colocarmos a simulação em funcionamento. Alteramos ainda os parâmetros referentes à tensão na corda e amortecimento.

Esta atividade pode ser mais bem representada pelo seguinte diálogo:

Professora-pesquisadora: *O que vocês acham que vai mudar na corda se aumentarmos o valor da frequência?*

E10: *Vai ter mais ondas.*

Professora: *Como assim?*

E6: *A corda vai fazer assim mais rápido (gesto com a mão), daí vai ter mais ondinhas.*

Professora-pesquisadora: *E muda mais alguma coisa na corda?*

E3: *As ondas vão ficar menorzinhas.*

Professora-pesquisadora: *Por que tu achas que elas vão ficar menores E3?*

E3: *Porque a corda não aumenta, é igual, tem o mesmo tamanho, então pra ter mais ondas, elas vão ter que ficar mais apertadas, mais juntas, porque vai fazer assim (gesto com as mãos).*

Professora-pesquisadora: *Vou dobrar o valor de 1,5 Hz para 3 Hz e vamos rodar a simulação.*

E6: *Viram como eu estava certo? Eu sabia, tem mais ondas agora.*

E16: *E diminuíram também.*

Professora-pesquisadora: *Quando alteramos a frequência da onda nessa corda, alteramos também outra grandeza, que é o comprimento de onda. Como o colega falou, elas ficaram menores, então podemos dizer que o “comprimento de onda”, que é o tamanho de uma onda, ou seja, de uma oscilação completa, que nós estamos representando pela letra lambda (escrevi no quadro), diminui.*

Aproveitei a utilização do aplicativo para realizar as simulações com as opções que variam a extremidade da corda (aquela oposta à da produção do pulso) em fixa, solta ou no infinito.

Estava prevista para o encerramento do encontro a distribuição de uma lista de exercícios para responderem em casa. Como este encontro foi muito produtivo, os diálogos que se estabeleceram foram muito ricos, os estudantes estavam bem

participativos, envolvidos e encantados com o andamento da aula, optei por deixá-los livres, nos últimos minutos, para que manipulassem a mola, a simulação computacional, os ímãs e as limalhas de ferro.

Diferentemente do que ocorria nas aulas anteriores, os estudantes aguardaram o momento da saída sem solicitar que fossem liberados antes do horário previsto para o término da aula. Como almejávamos, as mudanças em relação ao planejamento inicial que foram introduzidas nesse encontro propiciaram que os estudantes se apropriassem mais do artigo, apresentando uma postura menos resistente à sua leitura e utilização.

## 5.4 ENCONTRO 4: MONTANDO O ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

### 5.4.1 Plano de Aula 4

**Data:** 20/10/2016, quinta-feira

**Períodos:** 2 h-a (1h40min)

**Conteúdo:** Espectro Eletromagnético.

**Objetivos:** oferecer condições de aprendizagem para que os estudantes possam:

1. Reconhecer os conceitos desenvolvidos a fim de associar as características das ondas para organizar o espectro eletromagnético;
2. Relacionar velocidade, comprimento de onda, período, frequência e energia;
3. Perceber que o espectro eletromagnético não tem limites;
4. Efetuar alguns cálculos utilizando a equação de velocidade de propagação das ondas.

Procedimentos:

- Atividade Inicial:

Iniciarei a aula refazendo algumas demonstrações utilizando a mola para lembrar os conceitos de onda, comprimento de onda, amplitude e frequência. Explicarei aos educandos que nessa aula iremos abordar a velocidade de propagação das ondas e suas relações com as demais características das ondas.

- Desenvolvimento:

Os estudantes serão organizados em grupos e cada grupo receberá um envelope contendo as seguintes palavras: ondas de rádio, micro-ondas, infravermelho, luz visível, ultravioleta, raios X, raios gama, muito energética e pouco energética. O envelope conterá também um “esqueleto” do espectro eletromagnético contendo informações de comprimento de onda e frequência. Os alunos deverão organizar as palavras recebidas para montar o espectro e, após a montagem nos pequenos grupos, as ideias que os educandos utilizaram para montar os espectros serão debatidas no grande grupo e comparadas com a figura do espectro

eletromagnético utilizada no artigo sobre raios X. Durante o debate, relembrei aos estudantes que a energia está associada ao poder de penetração das ondas, isto é, quanto mais energética a onda, maior seu poder de penetração na matéria. Com base no espectro eletromagnético, serão debatidas as relações entre comprimento de onda, frequência e velocidade, formalizando a equação para velocidade de propagação das ondas. Após a formalização da relação matemática entre velocidade de propagação, comprimento de onda e frequência, resolverei no quadro alguns exemplos de aplicação da equação e solicitarei que os estudantes resolvam os exercícios propostos sobre o assunto.

- Fechamento:

Circularéi pela sala para auxiliar os educandos na resolução dos exercícios e solicitarei que os alunos entreguem os exercícios propostos para avaliação.

Recursos:

- Computador e *Datashow*;
- Uma mola de plástico;
- Envelopes contendo o esqueleto do espectro eletromagnético e fichas com palavras;
- Cópias do material de apoio contendo exemplos e exercícios utilizando a equação da velocidade de propagação das ondas (Apêndice D);
- Material de uso comum.

#### **5.4.2 Relato do Encontro 4**

Nesse dia, quando soou o sinal, eu já estava na porta aguardando a professora anterior sair. Os alunos acabaram permanecendo em sala na troca de períodos, o que facilitou o início das atividades.

Antes que eu iniciasse as atividades, os estudantes perguntaram se íamos utilizar novamente a simulação, expliquei que faria algumas demonstrações com a mola para retomarmos os conceitos já debatidos e, na sequência, trabalharíamos com uma espécie de quebra-cabeça e formalizaríamos o conceito de velocidade de propagação das ondas. Somente se conseguíssemos cumprir as atividades programadas utilizaríamos novamente a simulação. Enquanto explicava, anotei a

sequência de tarefas no quadro e aproveitei para perguntar se eles procuraram a simulação em casa para lembrar o que tínhamos trabalhado em aula e a resposta foi negativa.

Para iniciar as atividades programadas, solicitei à estudante E8 que me auxiliasse nas demonstrações utilizando a mola. Simulei novamente ondas transversais e longitudinais, variei a frequência e comprimento de onda. Durante a demonstração solicitava aos alunos que respondessem o que eu deveria fazer para aumentar a frequência, ou quantos comprimentos de onda eles conseguiam identificar em cada uma dessas frequências.

Encerrada a demonstração e o debate, informei que iniciaríamos a próxima atividade trabalhando com a montagem do espectro eletromagnético. Expliquei que o espectro eletromagnético seria como uma “régua” ou tabela na qual organizávamos as ondas eletromagnéticas segundo suas características. Solicitei que eles me ajudassem a lembrar quais eram as ondas eletromagnéticas que estávamos trabalhando desde a primeira aula. Após os comentários, afirmei que uma importante característica das ondas eletromagnéticas é que no vácuo, todas se propagam com a mesma velocidade – a velocidade da luz, que representamos pela letra  $c$ . Escrevi o valor da velocidade da luz no quadro e os estudantes comentaram que era muito alta. Enquanto citavam as ondas eletromagnéticas, foram faladas algumas ondas mecânicas, como as ondas no mar e os terremotos, mas os próprios colegas comentavam que *estas não*, pois eram de outro “tipo”, aconteciam em “*um lugar*”.

Solicitei que formassem duplas, ou trios, e entreguei para cada grupo um saquinho contendo palavras e setas, as quais eu havia previamente recortado, e o “esqueleto do espectro”. Expliquei que os grupos deveriam ordenar em cima do “esqueleto” as ondas eletromagnéticas e solicitei que observassem o desenho e as divisões ali apresentadas. Informei também que eles deveriam decidir o sentido do aumento da frequência e do comprimento de onda utilizando as setas e quais eram as ondas mais (e menos) energéticas. Uma das preocupações levantadas pela maioria era sobre a possibilidade de eles fazerem errado. Salientei que não deveriam ainda colar as “peças”, pois debateríamos juntos o espectro, e que a proposta da atividade era que trocassem ideias com os colegas e tentassem organizar os conceitos que havíamos discutido até então. A partir dessa discussão

esclareceríamos as dúvidas, pois eu retomaria o espectro após eles concluírem a montagem.

Alguns grupos apresentaram dificuldades para iniciar a atividade. Para auxiliá-los, comecei perguntando quais ondas deveriam estar representadas na parte colorida do “esqueleto”, e a partir de suas respostas buscava lembrá-los das discussões de aulas anteriores. A maioria percebeu a relação entre o desenho das ondas no espectro com o comprimento de onda e a frequência, decidindo sem grandes dificuldades a direção de crescimento das mesmas. Quanto à organização das ondas no espectro, os estudantes apresentaram maiores dificuldades, mas debatendo com os colegas foram criando mecanismos para encaixá-las.

Algumas colocações nos grupos para a elaboração de uma lógica para organizar as ondas merecem destaque como, por exemplo, a associação feita pela estudante E2 de que se os raios gama tinham transformado o personagem Hulk, essas ondas deveriam ser parecidas com os raios X e ser bem energéticas, já que os raios X conseguem atravessar nosso corpo, chegando à conclusão, portanto, de que elas deveriam estar próximas, e que eram ondas de maior energia. A associação com as cores violeta e vermelho da faixa do visível, articulando ao ultravioleta e ao infravermelho foi mencionada na maioria dos grupos. O estudante E8 comentou que as ondas de rádio conseguiam ir muito longe, logo elas deveriam ser ondas bem grandes para conseguir, por exemplo, passar por montanhas.

As ondas que os estudantes apresentaram maior dificuldade para localizar foram micro-ondas, pois o prefixo “micro” levou-os a associá-las às ondas de menor comprimento de onda, colocando-as no extremo do espectro. O uso e compreensão da linguagem adotada pelos interlocutores no processo educacional dialógico é muito importante, mas muitas vezes passa despercebido pelo professor, que por estar acostumado com o vocabulário científico, nem sempre percebe que este, por vezes, não é conhecido pelo estudante ou ainda apresenta no cotidiano dos educandos um significado diverso daquele do professor. Estar atento a este fato, de modo que a linguagem utilizada seja comum aos envolvidos no processo é, segundo Freire, “indispensável ao ato comunicativo, para que este seja eficiente, o acordo entre os sujeitos, reciprocamente comunicantes. Isto é, a expressão verbal de um dos sujeitos tem que ser percebida dentro de um quadro significativo comum ao outro sujeito” (FREIRE, 1985, p.67).

Assim, discutir o significado de termos, palavras ou expressões torna-se essencial para a ocorrência do processo dialógico e para uma efetiva participação dos envolvidos.

Devido ao pequeno número de estudantes, apenas doze estavam presentes nesse dia, os grupos formados totalizaram quatro grupos e, conforme terminavam, fotografei os espectros montados por eles, que podem ser observados nas figuras 4 e 5.

Após a conclusão do trabalho, projetei, utilizando o *Datashow*, a figura completa do espectro e debati a localização das ondas (no espectro) e os demais itens, solicitando que os estudantes trouxessem para o grande grupo as ideias abordadas nos pequenos grupos a partir dos espectros montados por eles. Como nem todos se sentiam à vontade para falar perante a turma, inclusive porque, muitas vezes, não acreditavam que suas ideias fossem relevantes, chamava-os pelo nome e solicitava-lhes que compartilhassem com os colegas determinados comentários que eu ouvira nos seus grupos. Assim, fomos retomando características relevantes de cada uma das ondas, bem como sua localização correta no espectro eletromagnético. A partir do debate, retomei com a turma a relação entre energia e o poder de penetração das ondas eletromagnéticas.

Durante o debate, alguns estudantes solicitaram mais conjuntos do espectro, pois gostariam de ter em seus cadernos. Mesmo não sendo essa a intenção da montagem do espectro, pois eles já tinham a imagem completa no artigo, disponibilizei os dez conjuntos que havia confeccionado, de maneira que quase todos os estudantes ficaram com um em seu caderno.

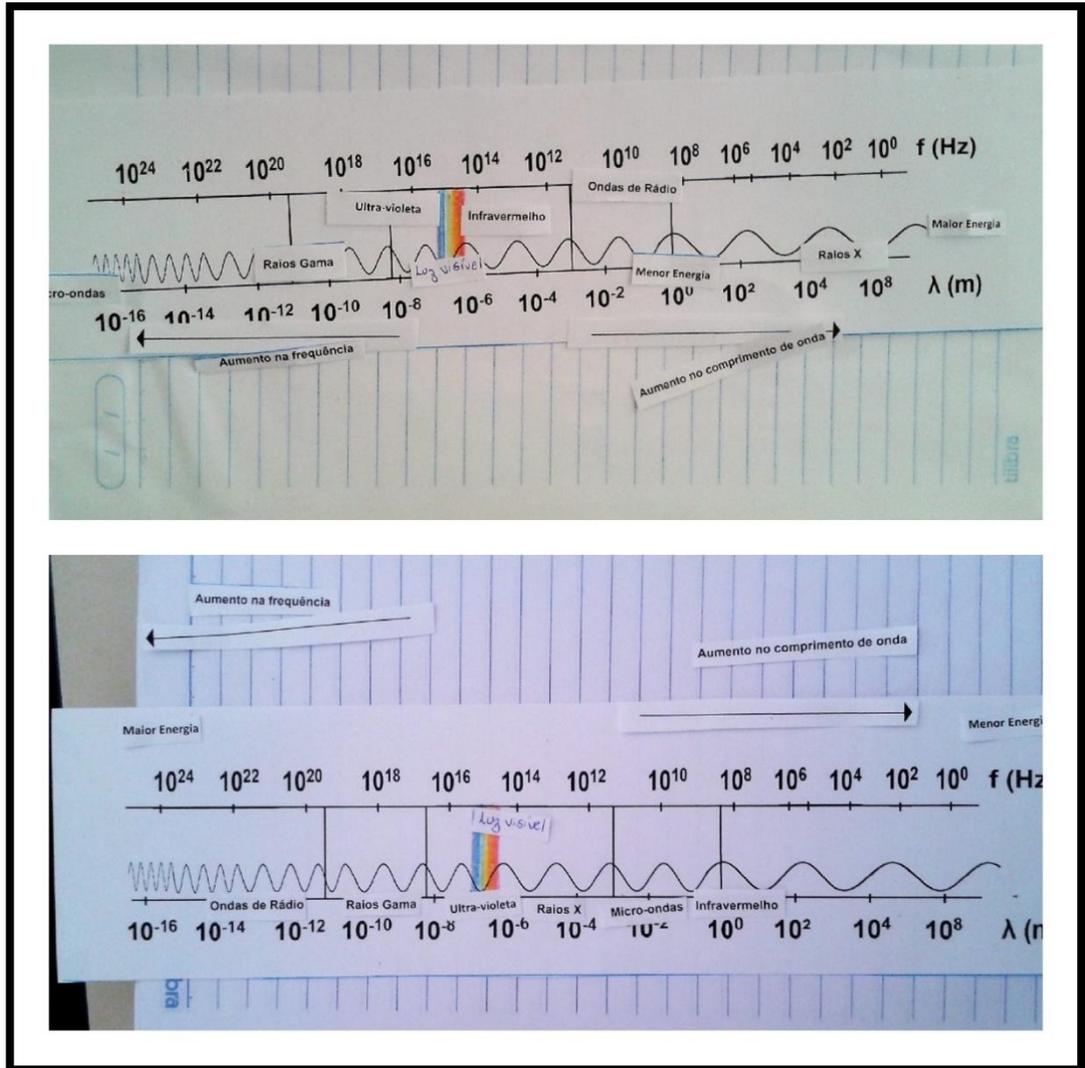


Figura 5: espectro elaborado pelos grupos 1 e 2.  
 Fonte: foto capturada pela professora-pesquisadora desta proposta.

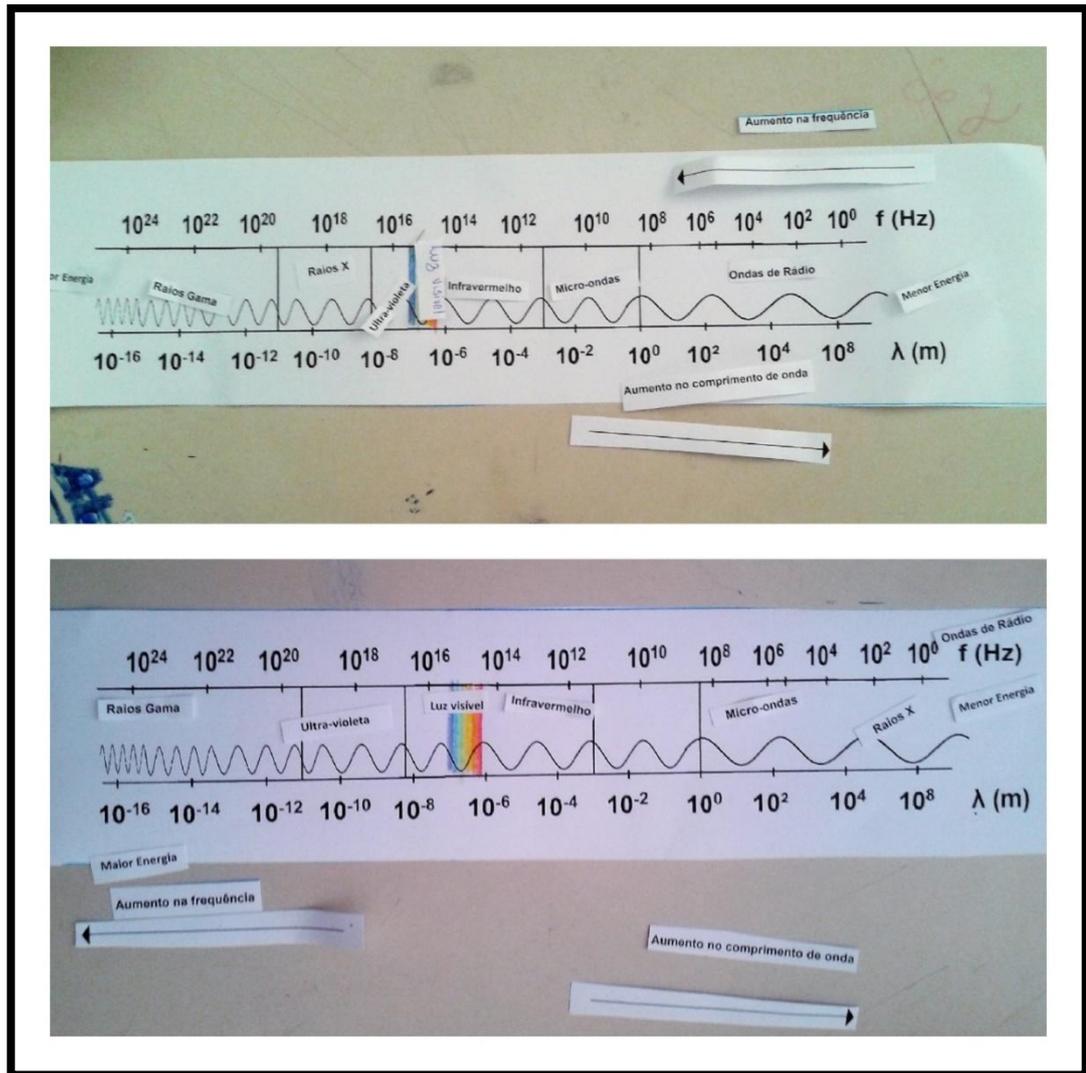


Figura 6: montagem do espectro realizadas pelos grupos 3 e 4.  
Fonte: foto capturada pela professora-pesquisadora desta proposta.

Essa atividade, apesar de simples, gerou grande encantamento na turma. Muitos estudantes ficaram impressionados e comentaram a respeito da organização e preparação da prática. Um gesto tão pequeno, de recortar as palavras e colocá-las em saquinhos fechados com um adesivo, que junto com o esqueleto formavam um kit da atividade, gerou uma reação positiva nos estudantes. Ao passar no grupo da estudante E11, após elogiar a atividade, ela disse que não era assim tão organizada, e que provavelmente teria dificuldades quando fosse professora. Aproveitei os comentários para destacar a importância do planejamento das aulas, e que tal organização prévia permite uma otimização do tempo, sendo o planejamento uma atividade crucial e indispensável à prática profissional dos professores. Também destaquei que não nascemos professores, que é necessária formação continuada, que nosso tempo em sala de aula como estudantes faz parte do processo de

formação e que ao cursarem o Curso Normal eles estavam se preparando para exercerem a profissão. Nesse encontro tive mais certeza da minha escolha em realizar o presente mestrado, trabalhando com a formação de professores do Ensino Fundamental, pois acredito muito na aprendizagem através do exemplo. Como destaca Freire: “Sua presença na sala é de tal maneira exemplar que nenhum professor ou professora escapa ao juízo que dele ou dela fazem os alunos” (FREIRE, 2007, p. 65).

Certamente todos passaram pela escola e trazem consigo lembranças positivas e negativas de seus professores. Aos que escolhem a carreira do magistério, essas lembranças refletem diretamente na sua vida profissional e mostrar aos estudantes que boas práticas são possíveis, e muitas vezes são simples e não necessitam de grandes recursos financeiros, acredito ser um dos maiores legados que podemos deixar aos futuros professores.

No prosseguimento das atividades, solicitei que pegassem o artigo para trabalharmos e entreguei algumas cópias que havia guardado. Relembrei que no início da aula eu comentara que as ondas eletromagnéticas no vácuo se propagavam com a velocidade da luz, representada pela letra  $c$ , cujo valor já estava anotado no quadro. Solicitei que localizassem a “equação 2” no artigo, que define velocidade média como a razão entre distância e tempo, sendo esta relação válida para situações nas quais a distância percorrida coincide com o deslocamento. E3 comentou que eles estavam estudando isso no trimestre anterior, e lembrou uma prática que realizaram com o grupo do PIBID<sup>5</sup> que desenvolvera trabalhos na escola. Partindo da equação 2, expliquei o procedimento para chegarmos à “equação 4” do artigo, que relaciona a velocidade de propagação da onda com o comprimento de onda e a frequência. Solicitei que destacassem a equação 4 no artigo e retomamos o significado de cada uma das grandezas relacionadas.

Distribuí uma folha de atividades contendo exemplos, exercícios e um espaço para o formulário. Propus que completássemos juntos o espaço retangular, onde estavam escritas fórmulas. Retomei os conceitos de frequência, período e velocidade de propagação, destacando ao lado de cada grandeza a unidade correspondente no Sistema Internacional de Unidades (SI). Após completarmos,

---

<sup>5</sup> PIBID (Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência) - Programa do governo Federal que promove o estágio nas escolas públicas realizado por alunos dos cursos de licenciatura.

informei aos estudantes que faríamos os exemplos e solicitei que completassem a resolução na própria folha. Ao terminarmos o primeiro exemplo, solicitei à estudante E12 que recolhesse as folhas dos colegas, informando que retomaríamos tal atividade no próximo encontro. Pedi aos demais que organizássemos a sala e no horário combinado para liberação da turma me despedi e liberei-os.

No planejamento dessa aula estava previsto que resolveríamos os exercícios propostos, porém, não foi possível devido à falta de tempo. Contudo, mesmo não conseguindo cumprir integralmente o planejamento, a aula foi extremamente produtiva. O engajamento dos estudantes ao realizarem as atividades e ao participarem dos debates demonstrou que o tempo que passamos juntos foi bem empregado. Muitas vezes, como professores, acreditamos que ao não cumprirmos um cronograma para vencer os conteúdos estamos perdendo tempo, e acabamos optando pela repetição, pela educação bancária, centrando no professor a responsabilidade por “passar” o conteúdo e delegando ao estudante, a figura passiva, recebê-lo. É uma tarefa muito difícil para o professor, que inúmeras vezes está “preso” a um sistema educacional que prima pela quantidade de conteúdos ao invés da qualidade, assumir que o tempo utilizado em sala de aula para o debate e para a problematização não é tempo perdido. Como nos lembra Freire: “não há que considerar perdido o tempo do diálogo, que problematizando, crítica e, criticando, insere o homem em sua realidade como verdadeiro sujeito da transformação” (FREIRE, 1985, p.51).

Poderíamos ter resolvido os dois exemplos nessa aula, mas achei que seria mais produtivo para o próximo encontro iniciarmos resolvendo o segundo e, assim, retomarmos os conceitos e usar o tempo restante em sala de aula para auxiliá-los na resolução da lista.

## 5.5 ENCONTRO 5: SISTEMATIZAÇÃO DA FORMAÇÃO DOS RAIOS X

### 5.5.1 Plano de Aula 5

**Data:** 27/10/2016, quinta-feira

**Períodos:** 2 h-a (1h40min)

**Conteúdo:** Produção de raios X.

**Objetivos:** oferecer condições de aprendizagem para que os estudantes possam:

1. Reconhecer conceitos fundamentais associados à formação dos raios X;
2. Descrever a formação dos raios X como um processo que ocorre em nível atômico;
3. Relacionar e interpretar dados a respeito de raios X para propor uma mudança social, conscientizando os educandos sobre usos e cuidados;
4. Identificar e confrontar prós e contras da utilização dos raios X nas atividades humanas.

Procedimentos:

- Atividade Inicial:

Iniciarei a aula retomando com os estudantes que nas aulas anteriores realizamos a formalização de conceitos relativos ao estudo das ondas, e informarei que nessa aula aprofundaremos a discussão do processo de formação dos raios X, que foi abordado na leitura do artigo utilizado no segundo encontro.

- Desenvolvimento:

Explicarei sobre a formação dos raios X exibindo um vídeo de cinco minutos que relata a experiência de Röntgen<sup>6</sup>, o processo de formação dos raios X, destacando as características dessa radiação, a interação dos raios X com a matéria e suas aplicações na medicina. Após, retomarei a explicação da formação dos raios

---

<sup>6</sup> Vídeo sobre a formação dos raios X disponibilizado por *TED-Ed* disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=gsV7SJDDCY4>.

X utilizando as animações sobre raios X disponíveis no site do Prêmio *Nobel*<sup>7</sup>. Durante a explicação, destacarei alguns aspectos apresentados no vídeo que assistiremos no início da aula e que também estão no artigo sobre a formação dos raios X. Para auxiliar na compreensão da organização dos elétrons em níveis de energia utilizarei a simulação sobre os modelos do átomo de Hidrogênio<sup>8</sup> disponibilizado pelo *PhET Interactive Simulations*.

Dando prosseguimento à aula, realizaremos a leitura coletiva de um pequeno texto no formato de reportagem elaborado por mim (Apêndice E), abordando aspectos da situação do sistema de saúde pública brasileiro e trazendo informações como a distribuição por regiões no país dos aparelhos do tipo mamógrafos e algumas recomendações da Organização Mundial da Saúde quanto aos cuidados básicos da saúde da mulher. Após a leitura do texto, os educandos socializarão suas ideias e vivências no grande grupo.

- Fechamento:

Para encaminhar o encerramento da atividade, construiremos coletivamente no quadro negro um quadro com duas colunas em que serão anotados prós e contras da utilização dos raios X.

Recursos:

- Computador e *Datashow*;
- Vídeo sobre a formação dos raios X disponível em

<https://www.youtube.com/watch?v=gsV7SJDDCY4;>

- Animações sobre a formação dos raios X disponível em:

<http://www.nobelprize.org/educational/physics/x-rays/how-1.html;>

- Simulação sobre os modelos do átomo de Hidrogênio do grupo *PhET Interactive Simulations* disponível em:

[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/hydrogen-atom;](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/hydrogen-atom;)

---

<sup>7</sup> Animações sobre a formação dos raios X disponível em: <http://www.nobelprize.org/educational/physics/x-rays/how-1.html>.

<sup>8</sup> Simulação sobre os modelos do átomo de Hidrogênio do grupo *PhET Interactive Simulations* disponível em: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/hydrogen-atom;](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/hydrogen-atom;)

- Cópias impressas do texto no formato de reportagem sobre o sistema público de saúde no Brasil;
- Material de uso comum.

### 5.5.2 Relato do Encontro 5

Como de costume, cheguei à escola antes do início das aulas, dessa forma poderia ficar a par de algum acontecimento que não estivesse no cronograma, retirar com o auxílio da professora titular o *Datashow* e aguardar a troca de períodos na porta da sala, evitando saídas desnecessárias dos estudantes e agilizando, assim, o início das atividades.

Entrei na sala, cumprimentei a turma e escrevi no quadro a sequência das atividades. Enquanto alguns anotavam no caderno, outros se ofereceram para ajudar na organização do material (montagem do *Datashow*). Como não conseguimos realizar todas as atividades previstas no encontro 4, a resolução do segundo exemplo da lista de exercícios fora transferida para esse encontro. Solicitei a E16 que distribuísse os artigos e relatei que naquele dia explicaria a formação dos raios X, abordaria aplicações, aspectos históricos e características da interação da radiação com o corpo humano. Avisei que concluída esta etapa, retomariamos os exemplos sobre ondas que iniciáramos na aula anterior e na sequência resolveríamos a lista de exercícios. Reforcei que trabalharíamos juntos na resolução da lista, mas que a entrega deveria ser individual e informei que se tratava de uma atividade avaliativa que comporia a avaliação trimestral.

Iniciando a apresentação de *slides* lembrei que desde o nosso primeiro encontro, quando retiramos da caixa a radiografia e eles a identificaram como sendo um “Raio-X”, relacionando com aplicações médicas, já havíamos introduzido o tema daquele encontro. Retomei os raios X com base nos conceitos abordados na aula anterior: onda eletromagnética, transversal, que como as demais ondas eletromagnéticas, propagam-se com a velocidade da luz no vácuo (representada pela letra  $c$ ), mas podem se propagar também em meio material. Indiquei onde estavam estas informações no artigo e solicitei que as destacassem. Abordei novamente o espectro eletromagnético e solicitei que localizassem os raios X. Perguntei o que poderíamos averiguar a respeito da frequência e do comprimento de

onda dos raios X em comparação à luz visível. Alguns estudantes responderam que possuía maior frequência e menor comprimento de onda. A estudante E2 comentou que “*tinha mais energia*”.

Prossegui comentando que para compreendermos a formação dos raios X precisaríamos lembrar algumas características da estrutura do átomo, como os níveis de energia, que provavelmente tinham sido abordados no ano anterior em ciências (no nono ano) ou na disciplina de Química. Apresentei uma imagem da representação do modelo atômico para o átomo de Lítio, destacando que os átomos são formados por uma região central, o núcleo, e uma região externa denominada eletrosfera. Relembramos quais partículas localizam-se em cada uma dessas regiões e suas respectivas cargas. Enfatizei que os elétrons estão em constante movimento ao redor do núcleo e relembrei a atividade com os ímãs, que assim como neles não estava escrito Norte e Sul, nos prótons e elétrons também não encontramos os sinais de positivo e negativo. As cargas positivas e negativas são denominações criadas pelas pessoas para designar comportamentos ou características diferentes, assim como os polos dos ímãs. Na sequência, falei das camadas atômicas, as quais os estudantes comentaram que estavam estudando em Química, citando a nomenclatura das camadas (K, L, M, N, O, P e Q) e comentando que nelas se faz a distribuição dos elétrons. Frisei que tanto em Química, quanto em Física, o objeto de estudo, o átomo, é exatamente o mesmo, mas que a diferença está no foco que damos ao abordarmos o átomo. Continuei a explicação mencionando que cada camada indica determinados níveis de energia e que os elétrons podem mudar de nível de energia.

Na sequência mencionei diferentes formas para fornecermos energia aos átomos e que poderíamos nesses processos retirar um elétron de um átomo e que esta é a ideia que se trabalha nas ligações iônicas nas aulas de Química. Neste momento E6 comentou que eles estavam iniciando esse conteúdo e, mais precisamente, começariam a “ver mesmo” na próxima aula de Química. Comentei que era ótimo, pois estaríamos andando juntos e o que eles estudavam em uma disciplina poderia auxiliar na outra.

Utilizando a representação do átomo de lítio no *slide* expliquei sobre a neutralidade do átomo e o que são íons e como eles se formam. Utilizando imagens de mudança de níveis de energia disponíveis no artigo, expliquei os processos referentes à mudança de nível de energia no átomo abordando o conceito de fóton.

Indiquei no artigo onde estavam as explicações para que eles as destacassem. A turma participou ativamente da explicação, opinando em vários momentos e buscando debater analogias com situações do cotidiano que os ajudassem a lembrar desses novos conceitos. Como nas aulas anteriores, os estudantes E4, E5 e E6 foram muito participativos, tentando buscar formas diferentes e analogias para auxiliar os colegas que estavam com mais dificuldades para compreender os conceitos.

A fim de exemplificar e disponibilizar mais recursos para a compreensão da mudança de níveis de energia utilizei a simulação referente ao átomo de Hidrogênio<sup>8</sup> disponibilizada pelo grupo do *PhET Interactive Simulations*. A simulação consiste na representação de uma caixa contendo Hidrogênio e uma pistola de luz que permite iluminar o conteúdo da caixa com luz branca ou monocromática. Ao lado desse aparato aparece uma ampliação, destacando um átomo de hidrogênio e simulando a interação com a radiação proveniente da pistola. Assim, a simulação permite variar entre alguns modelos atômicos, percorrendo dos modelos clássicos aos quânticos. Ao utilizar o modelo de Bohr, a simulação disponibiliza a visualização do diagrama de níveis de energia, exemplificando as possíveis transições de níveis de energia para o elétron, como ilustrado na Figura 6.

Durante a utilização salientei que se tratava de uma representação que tinha por objetivo auxiliar na compreensão do fenômeno, e como já estava destacado no próprio aplicativo, as representações estavam fora de escala.

Auxiliei os estudantes a destacarem as explicações no texto do artigo e após, exibi a animação<sup>7</sup> referente à produção dos raios X. Antes de iniciar a exibição do vídeo, E12 avisou que iria sair mais cedo e mostrou a autorização, para que ela não ficasse sem realizar a atividade avaliativa. Entreguei a ela lista de exercícios, e solicitei que ela trouxesse pronta na próxima aula. Na sequência, assistimos à animação<sup>6</sup> disponibilizada pelo *TED-Ed* sobre a formação dos raios X, com duração de aproximadamente cinco minutos. Durante a exibição, realizei uma pausa para retomar tópicos abordados nas aulas anteriores, como o espectro eletromagnético e as diferentes frequências das ondas organizadas no espectro e o poder de penetração das mesmas.

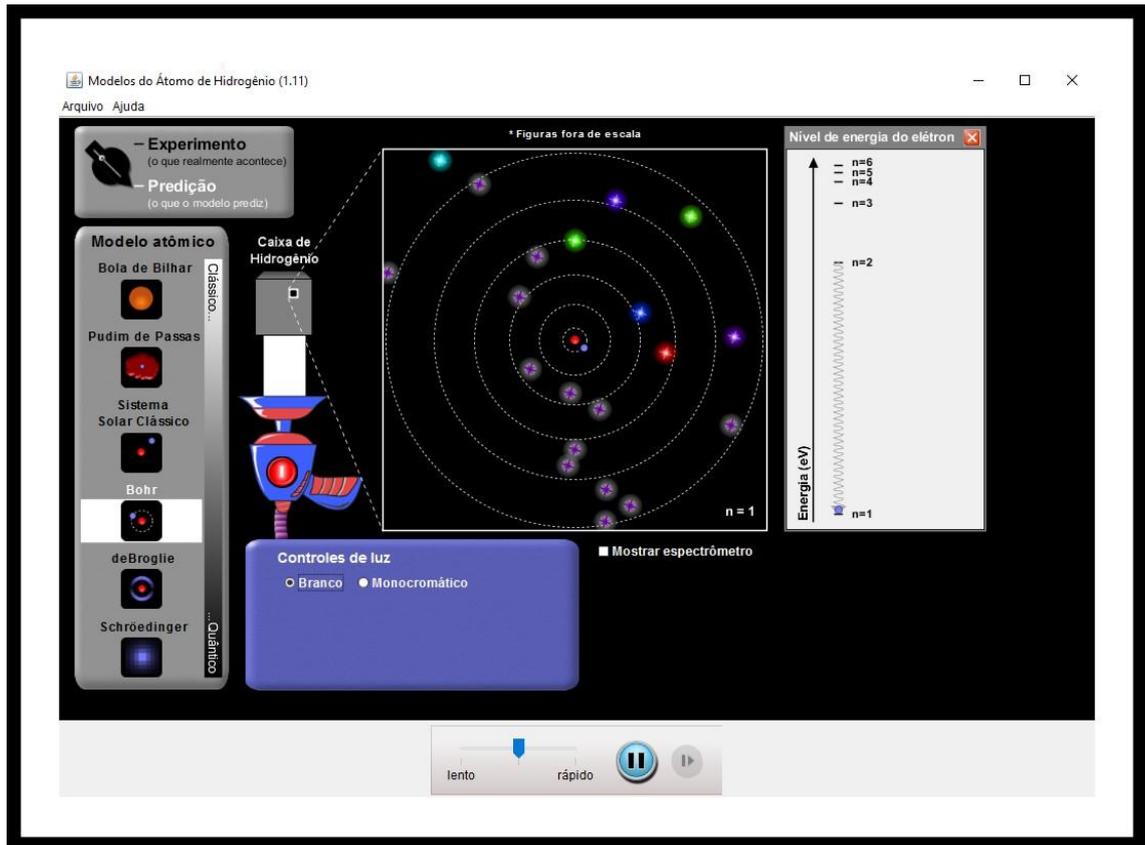


Figura 7: captura de tela da simulação sobre o átomo de Hidrogênio e os níveis de energia.  
 Fonte: captura de tela realizada pela professora-pesquisadora desta proposta.

Finalizada a exibição da animação, retomei os *slides* onde havia a imagem do “tubo de raios X”, a mesma do artigo, e expliquei a formação dos raios X e a energia cinética adquirida pelos elétrons acelerados no tubo. No *slide* seguinte, apresentei uma imagem animada, disponível no site do Prêmio *Nobel*, que simula a emissão e a aceleração de um elétron no tubo de raios X. Destaquei que nesse processo é possível formar dois tipos de raios X: o do espectro contínuo ou radiação de *bremstrahlung* (radiação de frenamento) e o do espectro característico.

Para seguir, discuti com os estudantes a ideia de grandezas contínuas ou discretas associando-a ao conjunto dos números reais e dos números naturais. Para a diferenciação dos tipos de raios X, utilizei mais duas imagens animadas<sup>7</sup> do site do prêmio *Nobel*. Iniciei a explicação pela formação dos raios X do espectro contínuo, trabalhando junto com o artigo, onde novamente fomos destacando partes do texto sobre a formação dos raios X. Ao apresentar a equação de energia em função do comprimento de onda, os estudantes ficaram um pouco confusos. Não entenderam. Então, retomei as duas equações separadamente ( $E = h \cdot f$ ;  $v = \lambda \cdot f$ ), isolamos as

variáveis e depois fizemos a substituição, lembrando que as ondas eletromagnéticas se propagam com a velocidade da luz, representada pela letra  $c$ .

Destaquei que os raios X produzidos pela desaceleração do elétron não dependem do material do alvo que constitui o tubo, mas sim da tensão aplicada. No *slide* seguinte apresentei o gráfico de variação na intensidade dos raios X pelo comprimento de onda, conforme texto do artigo. Expliquei sobre o espectro contínuo e que os dois picos no gráfico se referiam ao espectro característico, e que este depende do material que constitui o alvo. Também aproveitei para comentar que na atividade de elaboração das perguntas realizada no segundo encontro, uma dupla havia colocado uma pergunta referente ao significado da radiação de *bremstrahlung*.

Segui com os *slides* explicando a formação dos raios X característicos. Utilizando a imagem animada e retomando conceitos de mudança de nível de energia, expliquei que as possíveis transições correspondiam às respectivas linhas apresentadas no gráfico (linha  $k_\alpha$  e linha  $k_\beta$ ). Levamos aproximadamente uma hora nessa discussão sobre a formação dos raios X.

Depois, como combinado no início da aula, resolveríamos a lista de exercícios. Para iniciar essa atividade, redistribuí as folhas aos estudantes, relembrei as fórmulas e as respectivas unidades de cada grandeza e resolvi no quadro o segundo exemplo. Lembrei que o trabalho deveria ser entregue ao final do período. Assim, tinham em torno de quarenta minutos para responder a lista e comentei que poderiam consultar o artigo e as anotações do caderno e que eu estaria auxiliando e esclarecendo dúvidas.

Os estudantes trabalharam em duplas ou individualmente. Solicitaram muitas vezes o meu auxílio e o da professora titular que acompanhava a aula, mas não conseguiram concluir a atividade. Em virtude da não conclusão da tarefa e da proximidade do final da aula, eles pediram para terminar a lista de exercícios em casa. Combinei com a turma que deveriam trazer a lista resolvida para entregar na aula seguinte, salientando que era uma atividade avaliativa, e encerrei a aula me despedindo e liberando a turma. Duas das atividades que estavam programadas para esse encontro (de leitura e debate do texto sobre saúde pública e da construção coletiva do quadro com prós e contras da utilização dos raios X) não foram realizadas devido à reorganização das atividades e para poderem resolver a lista sobre ondas. Visando um melhor aproveitamento das aulas e a viabilidade da

realização das atividades já previstas para os próximos encontros, optei por transferir a atividade de leitura e por cancelar a elaboração do quadro comparativo.

Em muitos momentos da prática docente é preciso que o professor tome decisões, aqui e agora, para viabilizar a dinâmica de sala de aula sem perder o controle da turma e dos eventos. Parece que faz parte da formação permanente refletir sobre estas questões.

## 5.6 ENCONTRO 6: FORMAÇÃO DE RAIOS X E ELABORAÇÃO DE MAPA CONCEITUAL

### 5.6.1 Plano de Aula 6.

**Data:** 03/11/2016, quinta-feira

**Períodos:** 2 h-a (1h40min)

**Conteúdo:** Formação de raios X e aplicações médicas.

**Objetivos:** oferecer condições de aprendizagem para que os estudantes possam:

1. Reconhecer e articular conceitos associados à estrutura da matéria, ondas e radiações;
2. Identificar aspectos e conceitos relevantes na formação dos raios X;
3. Construir um mapa conceitual sobre o tema;
4. Negociar significados de conceitos científicos;
5. Refletir sobre aspectos relevantes e relativos aos usos médicos dos raios X visando à conscientização e a transformação da própria realidade, como sugere Paulo Freire, através de uma aprendizagem crítica.

Procedimentos:

- Atividade Inicial:

Iniciarei a aula lembrando a construção coletiva do mapa conceitual, que foi a tarefa realizada no primeiro encontro e utilizarei esse mapa, que estará exposto na sala de aula, para retomar os procedimentos para elaboração de mapas conceituais.

- Desenvolvimento:

Após revisar alguns aspectos da construção de mapas conceituais, solicitarei que formem pequenos grupos e distribuirei para os grupos o texto do artigo utilizado anteriormente, o qual já conterá as anotações realizadas pelos alunos. Explicarei a atividade a ser realizada: os grupos deverão elaborar um mapa conceitual sobre a formação dos raios X, utilizando como material de apoio o artigo sobre raios X trabalhado ao longo da sequência didática, e as discussões realizadas em aula. Durante a execução da atividade passarei pelos grupos auxiliando, esclarecendo alguns aspectos importantes acerca do tema e tirando dúvidas. Após a confecção

dos mapas, solicitarei que os grupos socializem no grande grupo o mapa conceitual que elaboraram. Ao concluirmos a socialização, os mapas serão recolhidos para compor a avaliação dos estudantes.

- Fechamento:

Encerrarei a aula retomando aspectos conceituais relevantes à formação dos raios X, esclarecerei os pontos que não ficaram claros, que eventualmente serão percebidos durante a apresentação dos mapas. Para introduzir o assunto do próximo encontro solicitarei que os estudantes reflitam sobre a existência de riscos devido à exposição à radiação.

Recursos:

- Computador e *Datashow*;
- Cópias impressas do artigo intitulado Raios X: um tema instigante para a introdução da física moderna e contemporânea na sala de aula do ensino básico (utilizado no segundo encontro, Apêndice A).
- Folhas A3 ou cartolinas;
- Material de uso comum.

### **5.6.2 Relato do Encontro 6**

Devido às alterações realizadas no planejamento, a prática de aguardar o sinal para troca dos períodos na porta da sala de aula evitando a saída dos alunos tornou-se mais do que necessária, pois como a aula, por um hábito da escola e dos estudantes, sempre terminava mais cedo, acelerar o início das atividades era imprescindível para otimizar o tempo que passávamos juntos.

Cumprimentei os alunos e solicitei que retornassem seus lugares, e pedi que entregassem a lista de exercícios, já que eles ficaram de concluir a atividade em casa. Como os alunos estavam muito agitados, andando pela sala e olhando pela janela, eles simplesmente ignoraram a minha pergunta sobre a lista. Então, dirigi-me ao quadro e escrevi a sequência das atividades programadas para aquela aula. Circulei pela sala solicitando aos estudantes que fossem para os seus lugares e aproveitei para solicitar as listas de exercícios. Constatei que os estudantes não

havam terminado a lista como combinado, sendo que alguns alegaram falta de tempo, outros que não conseguiram entender e outros que haviam esquecido.

Com a situação mais tranquila, expliquei que faríamos mais uma atividade avaliativa e que poderiam trabalhar em duplas, ou trios, que consistiria na elaboração de um mapa conceitual sobre a formação dos raios X. Neste momento a estudante E4 questionou se nós já não tínhamos feito este mapa. Expliquei que não, que o mapa que confeccionamos coletivamente no primeiro encontro era mais geral, no qual eles colocaram as experiências e ideias prévias sobre o tema radiação, antes de discutirmos conceitualmente o assunto. Expliquei que após a confecção da tarefa eles deveriam apresentar o mapa para a turma e que para viabilizar a apresentação eu distribuiria folhas A3 para que traçassem o mapa como se fosse um cartaz. Assim, todos poderiam enxergar os mapas durante a apresentação. Distribuí também uma folha de rascunho para a tarefa e lembrei que seria melhor fazer a lápis, pois durante a elaboração, caso surgisse a necessidade de trocar algum conceito ou mesmo mudá-lo de lugar, seria mais fácil e o trabalho ficaria mais bem organizado. Durante a explicação, uma das estudantes lembrou que realmente, tínhamos mudado várias vezes os objetos de lugar durante a elaboração do mapa no primeiro encontro.

Para dar prosseguimento, expliquei que as atividades programadas para aquele encontro eram a confecção e apresentação dos mapas, e que isso impreterivelmente deveria ser feito naquele dia. Informei também que demandava tempo, mas que se se concentrassem, poderíamos no restante da aula finalizar a lista de exercícios. Reforcei também que o tempo que sobraria para auxiliá-los na lista dependeria exclusivamente do empenho deles para confeccionar e apresentar os mapas, buscando assim chamar a atenção para a responsabilidade deles por sua aprendizagem.

Disse que eu estava disposta a auxiliá-los, mas dependia deles termos tempo para isto.

Nesse dia a professora orientadora do mestrado assistiu à aula. Como alguns estudantes não estiveram na primeira aula, lembrei como confeccionamos o mapa conceitual da primeira aula, mas devido às trocas de sala, o cartaz do mapa não estava mais exposto e fora perdido. Assim, solicitei ao estudante E8, que escolhesse um tema, que não precisava ser de Física, e o estudante disse “*futebol*”.

Escrevi a palavra no quadro, mencionei que, como era um conceito, a colocaríamos dentro de um retângulo. Na sequência perguntei o que eles lembravam quando falávamos em futebol. Citaram “bola”, “gol”, “jogador” e outras palavras diferentes. Acalmei a turma comentando que usaríamos somente essas três palavras, pois a intenção era apenas lembrar como confeccionar um mapa conceitual. Expliquei que colocamos os conceitos dentro de retângulos e que precisávamos ligá-los. Então perguntei com qual outra palavra bola estava relacionada. A estudante E11 respondeu que estava relacionada com jogador e o estudante E5 disse que se relacionava com gol. Os estudantes fizeram várias sugestões de ligações e discutimos um pouco sobre as sugestões e, então, o estudante E6 explicou que deveríamos colocar verbos ou palavras para as ligações que realmente explicassem o que eles gostariam de dizer: por exemplo, “*a bola não fazia gol, quem fazia o gol era o jogador*”. Abaixo, apresento um pequeno modelo de mapa conceitual sobre futebol construído nesse dia para lembrarmos a confecção dos mapas conceituais.

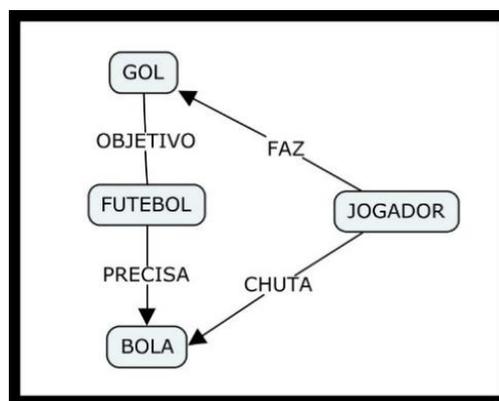


Figura 8: transcrição do breve mapa conceitual elaborado coletivamente.  
 Fonte: transcrição realizada pela professora-pesquisadora autora dessa proposta.

Solicitei que formassem os grupos de trabalho e orientei que no mapa sobre raios X buscassem explicar o que trabalhamos na aula anterior, o que são os raios X, como se formam, quais são os diferentes tipos, a relação com o átomo, entre outros. Comentei que eles poderiam consultar o artigo e suas anotações, e que passaria pelos grupos para auxiliá-los. Entreguei alguns dos artigos que estavam guardados comigo e distribuí algumas cópias sobressalentes para aqueles que haviam esquecido.

Enquanto passava pelos grupos para auxiliar e acompanhar o andamento do trabalho, percebi que alguns apresentavam maior facilidade para iniciar o trabalho,

porém a maioria dos grupos precisava de mais orientação e auxílio. Queriam saber onde localizar no artigo o assunto do mapa e sugestão de conceitos para iniciarem a confecção do mesmo. Mesmo muito agitados ao trabalharem em grupos, e sendo frequente a necessidade de fazer intervenções para que focassem no trabalho, apenas um grupo não confeccionou o mapa. Ao passar por esse grupo, observei que estavam com um mapa bem extenso e um celular aberto em uma página da internet que continha um mapa sobre o tema. Solicitei que me explicassem o mapa, como não conseguiram, acabaram dizendo que copiaram. Perguntei, então, se achavam que copiar um trabalho e apresentar como sendo delas era correto. Disseram que não e expliquei que a intenção ao solicitar que eles confeccionassem um mapa era permitir que eles organizassem o que haviam apreendido, auxiliando na aprendizagem e refletindo as ideias, mostrando os pontos que precisaríamos retomar. Disse que por mais simples que parecesse o mapa, ele teria muito mais valor do que qualquer mapa copiado de outras fontes, pois estávamos ali para aprender e crescer juntos. Após a conversa com a dupla, pararam de copiar, mas notei que fizeram pouquíssimas alterações no mapa já copiado para apresentar, o mesmo está apresentado na figura 8.

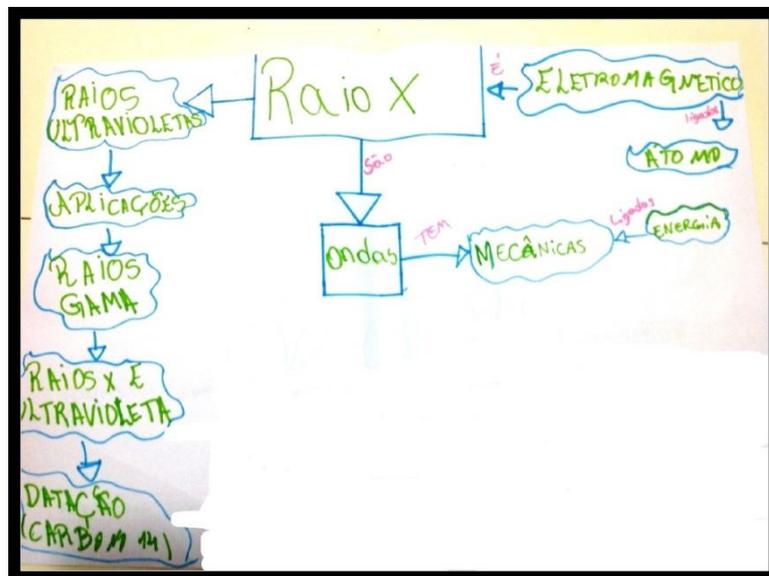


Figura 9: mapa conceitual elaborado por um dos grupos  
 Fonte: imagem capturada pela professora-pesquisadora autora dessa proposta.

Outro fato interessante que aconteceu neste dia foi que ao passar pelos grupos percebi uma estudante que eu não conhecia. Perguntei seu nome e se ela era nova na turma. Ela respondeu que não, mas que essa era a primeira aula minha que assistia, pois tinha faltado muitas quintas-feiras. Disse que gostaria de recuperar

o que tinha perdido, inclusive solicitou se ela poderia entregar a lista de exercícios. Respondi que sim, que não teria problemas, que sempre que ela precisasse de ajuda solicitasse e comentei para que não mais faltasse às aulas, pois já havia perdido metade dos encontros que teríamos juntos.

Durante a confecção dos mapas, um termo que gerou muito debate nos grupos foi “raios X”, pois no cotidiano ele é utilizado para se referir à radiografia, isto é, a imagem impressa que eles recebem após a realização do exame (médico-laboratorial). Com a atividade, os estudantes perceberam que ao falarem em “raios X” eles estavam fazendo referência às ondas eletromagnéticas que passam e interagem com o organismo quando realizamos um exame, sensibilizando o “papel radiográfico”. Assim, perceberam que o resultado do exame em si (a imagem impressa) e as ondas eletromagnéticas produzidas pelo aparelho (os raios X) não são o mesmo conceito. Essa atividade revelou a importância da compreensão de conceitos científicos na formação da criticidade e autonomia dos educandos, e da formação de habilidades que possibilitem a intervenção e transformação da realidade na qual estão inseridos, pois só através do desenvolvimento do pensamento crítico poderão escolher conscientemente continuar utilizando este vocábulo no seu dia a dia tendo consciência dos diferentes significados associados ao termo.

Os estudantes levaram em torno de uma hora e dez minutos para traçar os mapas e preparar os cartazes. Com isso, tivemos em torno de vinte minutos para as apresentações, já que em geral consideravam que a aula terminava às 12h35min, e não às 12h45min como deveria ser.

No início das apresentações avisei que só sairíamos depois de todos apresentarem, lembrei que a aula terminava às 12h45min e que só depois de todos apresentarem eu poderia auxiliá-los na resolução da lista. As apresentações foram marcadas por muitas conversas paralelas. Os estudantes pouco ouviam os colegas, alguns pressionavam os outros para apresentarem rápido para poderem ir embora. Por diversas vezes tive que solicitar que sentassem, tentei incentivá-los a fazerem perguntas aos colegas que apresentavam, mas tudo foi sem sucesso.

Um aspecto importante foi que as explicações dadas eram bem diferentes daquelas que eles davam enquanto eu passava nos grupos, auxiliando. Estar na frente dos colegas apresentando uma criação sua, nem sempre é uma tarefa fácil, especialmente quando a plateia está agitada e não colabora com a apresentação.

Por outro, essas grandes diferenças nas explicações (e certos equívocos nas falas) evidenciaram que os conceitos relativos à formação dos raios X ainda não estavam claros para a maioria.

Somente um grupo elaborou um mapa evidenciando a formação dos raios X e apresentou-o de forma clara para os colegas (Figura 9).

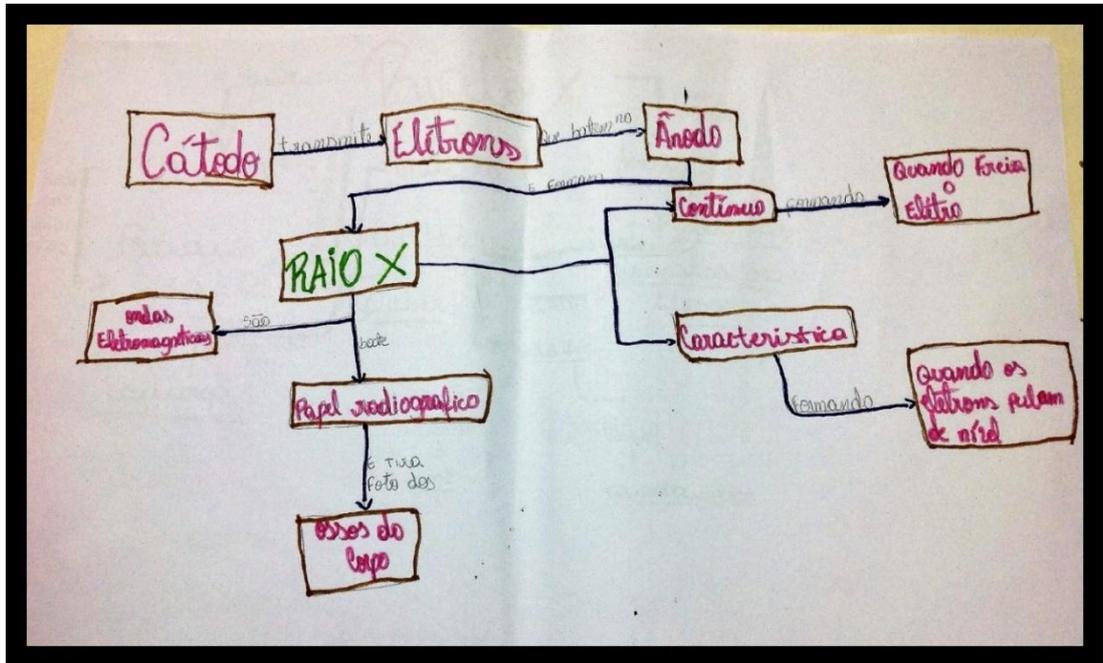


Figura 10: mapa conceitual elaborado por um grupo evidenciando a formação dos raios X.  
Fonte: imagem capturada pela professora-pesquisadora autora dessa proposta.

Na sequência é exemplificado o mapa conceitual elaborado por um terceiro grupo que estava preocupado em destacar a estrutura atômica envolvida no processo de formação dos raios X e as diferentes ondas eletromagnéticas que foram discutidas durante as aulas (Figura 10).

Após apresentação do último mapa, começaram a sair. Chamei-os e solicitei que aguardassem a aula encerrar. Comentei que como não havíamos conseguido retomar a lista, esta seria retomada em outro momento.

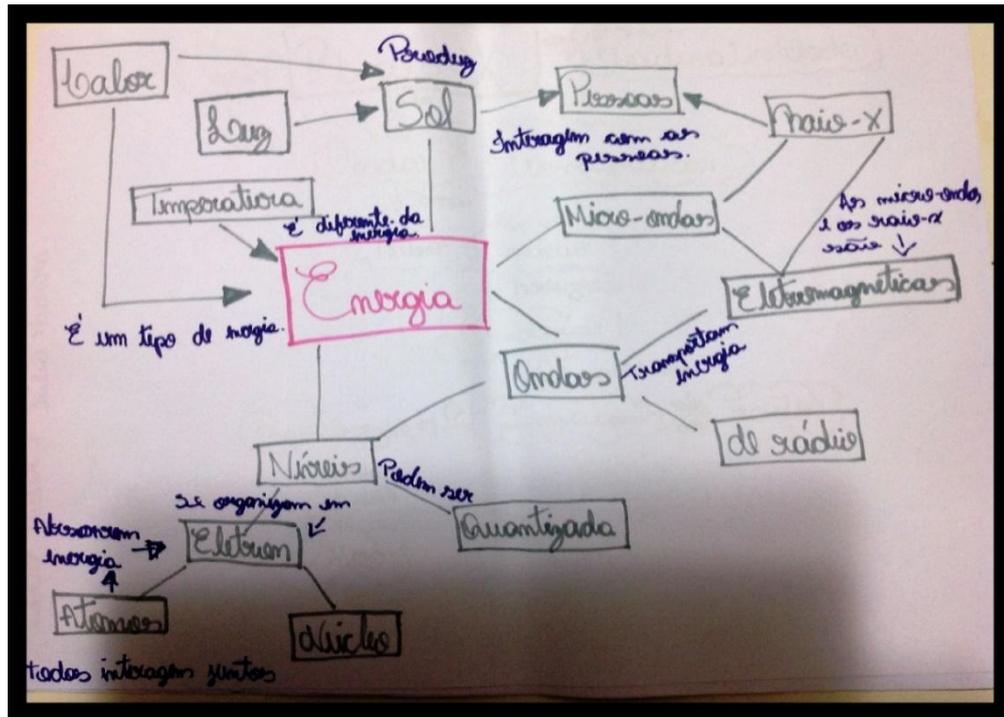


Figura 11: mapa conceitual elaborado por um dos grupos com foco na estrutura atômica.  
 Fonte: imagem capturada pela professora-pesquisadora autora dessa proposta.

Expliquei, então, que a atividade final do módulo seria uma espécie de peça teatral, como, por exemplo, um programa de entrevistas que eles deveriam apresentar. Sugeri, que trabalhassem em dois grupos, que pensassem na formação dos mesmos e que tentassem retomar a lista de exercícios para a próxima aula. Depois, liberei-os encerrando o encontro. Um dos grupos permaneceu mais um pouco em aula terminando de passar canetinhas no cartaz.

No final do encontro conversei com a professora orientadora, que acompanhou essa aula, sobre os mapas apresentados pela turma. Como constatamos, para muitos os conceitos ainda pareciam bastante confusos; que eles não haviam assistido às apresentações dos colegas com atenção e resolvemos iniciar o próximo encontro retomando os mapas conceituais apresentados pelos grupos, esclarecendo conceitos mal-empregados e fechando essa retomada com um mapa conceitual elaborado por mim.

## 5.7 ENCONTRO 7: RETOMADA DAS DISCUSSÕES SOBRE A FORMAÇÃO DOS RAIOS X

### 5.7.1 Plano de Aula 7

**Data:** 10/11/2016, quinta-feira

**Períodos:** 2 h-a (1h40min)

**Conteúdo:** Produção de raios X

**Objetivos:** oferecer condições de aprendizagem para que os estudantes possam:

1. Reconhecer os conceitos fundamentais associados à formação dos raios X;
2. Descrever a formação dos raios X como um processo que ocorre em nível atômico;
3. Relacionar e aplicar os conceitos de onda, frequência, período, comprimento de onda, amplitude, crista e vales;
4. Utilizar e aplicar as relações matemáticas referentes ao estudo das ondas;
5. Desenvolver a autonomia e a criticidade através da apropriação e discussão dos conhecimentos científicos relativos ao tema Matéria e Radiação para a elaboração da dramatização.

Procedimentos:

- Atividade Inicial:

No início da aula solicitarei que os alunos formem um círculo na classe para retomarmos os mapas de conceitos elaborados pelos grupos e apresentados no final da aula anterior.

- Desenvolvimento:

Para iniciarmos a retomada dos mapas conceituais, projetarei os mapas elaborados pelos grupos solicitando que os autores auxiliem na explicação dos mesmos, assim poderemos destacar aspectos positivos dos mapas, indicar pontos que não estiveram claros e sugerir coletivamente possíveis alterações. Esse será um momento de revisão e novas explicações de conceitos científicos que pareceram

não estar claros aos alunos na tarefa de construção dos mapas, que constitui ao professor um excelente *feedback* sobre a aprendizagem de seus alunos. Após essa atividade, apresentarei um mapa sobre a formação de raios X, elaborado por mim, destacando e retomando conceitos importantes para a compreensão da formação dos raios X.

Para concluirmos a lista de exercícios sobre ondas, revisarei as características das ondas e suas relações matemáticas utilizando o quadro, e depois auxiliarei os estudantes na resolução da tarefa para ser entregue.

- Fechamento:

Encerrarei a aula apresentando aos estudantes a proposta de uma dramatização sobre o tema Matéria e Radiação, e iniciaremos a organização do trabalho final.

Recursos:

- Computador e *Datashow*;
- Cópias das orientações da dramatização;
- Material de uso comum.

### **5.7.2 Relato do Encontro 7**

Ao chegar à escola encontrei alguns estudantes no pátio e eles informaram que já haviam retornado à sala que originalmente correspondia à turma. Aguardei a troca de períodos na porta da sala, cumprimentei a turma e iniciei solicitando que eles reorganizassem a sala para podermos utilizar a lousa eletrônica.

Devido à importância do Curso Normal, a turma do primeiro ano contava com um *datashow* na sala, uma lousa digital e a *CPU* acoplada à lousa. Porém, o fio que ligava o teclado à lousa digital estava cortado. Quando avisei que iríamos usar a lousa os estudantes ficaram muito ansiosos, pois o fato de o teclado não funcionar limitava alguns recursos da lousa. Expliquei que iríamos apenas utilizá-la como projetor, para projetar algumas imagens e uma apresentação de *slides*, que o mouse seria suficiente para nossas atividades. Como estava preparada para utilizar o meu

computador, precisei de alguns minutos para salvar os arquivos no *pen-drive* e conectá-lo à lousa.

Novamente uma flexibilização do planejamento foi necessária para retomar a discussão sobre a formação dos raios X, pois nas apresentações dos mapas conceituais foi perceptível que muitos não conseguiram atingir os objetivos 1 e 2 do sexto encontro, que correspondiam a: *reconhecer e relacionar conceitos associados à estrutura da matéria, ondas e radiações; identificar aspectos e conceitos relevantes na formação dos raios X.*

A fim de retomá-los, juntamente com a professora orientadora e a professora titular da turma, reestruturamos esse encontro para iniciar com os mapas confeccionados por eles próprios, destacando aspectos positivos, identificando pontos que não estavam claros e sugerindo algumas alterações. Após o debate sobre os mapas, eu apresentaria um mapa que elaborara sobre o tema, revisitando os conceitos da formação dos raios X. Outra atividade que precisava ser retomada era a lista de exercícios sobre os conceitos iniciais de ondas, que ainda não havia sido entregue pelos estudantes, pois a turma dificilmente realizava as tarefas em casa.

Escrevi no quadro a sequência: iniciáramos pela retomada dos mapas; depois concluiríamos a lista sobre ondas, e por último discutiríamos a organização do trabalho de encerramento, isto é, formaríamos os grupos e elaboráramos uma explosão de ideias sobre as dramatizações que deveriam apresentar, tendo assim três semanas para que os grupos se organizassem.

A professora titular da turma aproveitou para reforçar que todas as avaliações que eles estavam realizando durante a aplicação do projeto comporiam a avaliação do terceiro trimestre, e que após encerrarmos o módulo, eles iriam realizar os estudos de recuperação (PPDA) de todos os trimestres, conforme a necessidade de cada estudante.

Ao iniciar a retomada dos mapas, reforcei que a ideia era debatermos sobre a formação dos raios X, destacando conceitos que ainda precisavam ficar mais claros. Informei também que ao final do debate, devolveria aos grupos os mapas com observações e sugestões e, assim, poderiam refazê-los e entregar nova versão para melhorar os conceitos obtidos. Durante as apresentações fui solicitando aos grupos que me auxiliassem na explicação de seus mapas, pois as apresentações que

havam realizado à turma, na maioria dos grupos, fora diferente daquelas que eles davam enquanto eu auxiliava na confecção dos mapas.

Essa atividade de retomada foi muito rica. Acredito que a visualização ampliada dos mapas por eles traçados trouxe outro significado para a atividade, pois por enxergar com maior clareza as relações que os colegas fizeram, conseguiram opinar alcançando uma melhoria das ligações entre conceitos, e ainda compararam com as ligações que eles fizeram nos seus próprios mapas.

Assim, foi possível retomar os conceitos fundamentais para compreender a formação dos raios X, e esclarecer, por exemplo, a utilização equivocada de muitos grupos ao apresentarem o elétron, ou o átomo, como sendo a radiação eletromagnética e, conseqüentemente, os raios X. O mapa apresentado pelo grupo que evidenciou os dois processos de formação dos raios X (Figura 9) recebeu muitos elogios, inclusive dos colegas, pois articulava de forma clara os principais conceitos da formação dos raios X. A turma comentou também que ele estava fácil de entender e que não estava visualmente confuso (com muitas setas e ligações que se cruzavam).

Para fechar o tema formação dos raios X, apresentei um mapa elaborado por mim (Figura 11), no qual busquei evidenciar os conceitos que não estavam claros nos mapas da turma, destacando que aquele não era “o mapa correto” e nem o único possível, que se tratava apenas do meu mapa, que buscava representar a maneira com que eu organizava e relacionava aqueles conceitos. Salientei que nossos mapas eram diferentes por trazermos conosco experiências e conhecimentos diferentes, e relembrei que nenhum grupo apresentou um mapa igual ao outro, pelos mesmos motivos.

Ao prosseguirmos para a atividade de conclusão da lista de exercícios, verifiquei quais estudantes estavam sem a folha e distribuí algumas cópias extras. Revisei com a turma no quadro as características das ondas (amplitude, comprimento de onda, período e frequência), retomei as relações entre elas (fórmulas) e as unidades das grandezas no Sistema Internacional de Unidades e, então, retomamos a tarefa. Passei pelos grupos para auxiliar na resolução, levando em torno de trinta e cinco minutos para concluirmos a atividade.

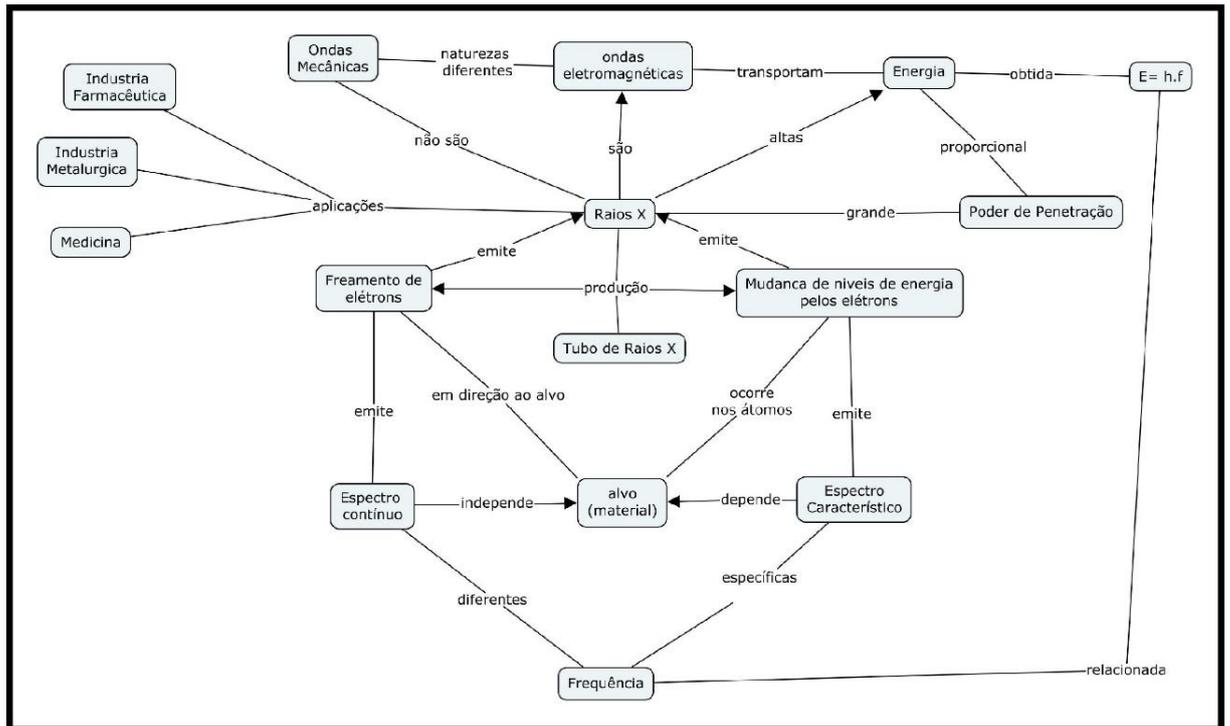


Figura 12: mapa conceitual sobre raios X traçado pela autora.  
 Fonte: construído pela professora-pesquisadora autora dessa proposta.

Para o próximo encontro estava previsto que os estudantes utilizassem os dois períodos para a elaboração do roteiro da dramatização. Porém essa programação foi repensada, pois como foi possível perceber no segundo encontro, a turma não conseguia trabalhar muito tempo em uma única atividade sem perder o foco. Além desta dificuldade, como algumas atividades anteriores necessitaram de maior prazo para sua conclusão e também foi preciso retomar a formação de raios X, nesse encontro reorganizamos as atividades com o objetivo de iniciar a organização das dramatizações e possibilitar a continuidade nos encontros seguintes, intercalando com as atividades anteriormente postergadas.

Nos últimos quinze minutos de aula, (re)expliquei que a última atividade do módulo seria a peça teatral para abordar (ou aplicar) os assuntos que havíamos trabalhado. Comentei que na folha que eles estavam recebendo (Apêndice F) estavam sugestões de personagens para o teatro. Alguns personagens históricos, como Wilhelm Konrad Röntgen e Max Von Laue; alguns personagens da atualidade, como um(a) físico(a), um(a) médico(a), um(a) representante de uma ONG, um (a) repórter, etc.

Esclareci que os personagens não eram fixos, que poderiam criar livremente o tipo de programa (entrevistas, documentário, debate, etc.) e os recursos que

utilizariam também eram livres. Disponibilizei inclusive a possibilidade de produzirem um vídeo com a encenação, caso eles não quisessem apresentar pessoalmente no dia, devendo o mesmo estar finalizado para ser exibido no último encontro.

Os estudantes receberam com empolgação a ideia, inclusive os estudantes E4, E5 e E16 comentaram que poderiam usar alguns dos materiais que eles estavam preparando para uma atividade sobre radioatividade na disciplina de Didática das Ciências. A importância de abordarmos já no Ensino Fundamental a unidade temática Matéria e Energia é garantida nos direitos de aprendizagem previstos na BNCC, onde, por exemplo, entre as habilidades a serem desenvolvidas no segundo ano do Ensino Fundamental está “*Comparar e registrar o efeito da radiação solar (aquecimento) em diferentes tipos de superfície (água, areia, solo, superfície escura, superfície clara etc.)*” (BRASIL, 2018, p. 333) e para o terceiro ano podemos destacar a habilidade “*Experimentar e relatar o que ocorre com a passagem da luz através de objetos transparentes (...), no contato com superfícies polidas (espelhos) e na intersecção com objetos opacos (paredes, pratos, pessoas e outros objetos de uso cotidiano)*” (Ibid., p. 335).

Como a turma era pequena, sugeri que houvesse dois grupos com nove componentes cada. Neste momento percebi uma certa inquietação dos estudantes quanto à formação dos grupos, mas como estávamos no final do período eu solicitei que eles guardassem a folha nos cadernos e que pensassem na atividade até o próximo encontro, liberando a turma.

## 5.8 ENCONTRO 8: INTERAÇÃO RADIAÇÃO-MATÉRIA E PROTEÇÃO RADIOLÓGICA

### 5.8.1 Plano de Aula 8

**Data:** 17/11/2016, quinta-feira

**Períodos:** 2 h-a (1h40min)

**Conteúdo:** Matéria, Radiações ionizantes e não ionizantes e sua interação com a matéria; Proteção Radiológica.

**Objetivos:** oferecer condições de aprendizagem para que os estudantes possam:

1. Discutir acerca da disponibilização e acesso à população em geral dos benefícios advindos da utilização dos raios X na área médica;
2. Descrever e diferenciar radiações ionizantes e não-ionizantes;
3. Dimensionar os efeitos da interação da radiação com a matéria;
4. Avaliar a exposição cotidiana aos diferentes tipos de radiação;
5. Utilizar os conhecimentos sobre proteção radiológica em suas atividades cotidianas;
6. Comparar aspectos positivos e negativos da presença ou utilização da radiação no cotidiano;
7. Refletir sobre os raios X, sua formação, seus riscos e benefícios e os aspectos sociais e culturais relacionados a sua utilização.

Procedimentos:

- Atividade Inicial:

Iniciarei a aula solicitando que os estudantes se organizem formando um “U” para realizarmos a leitura de um texto sobre a disponibilização dos recursos médicos que utilizam raios X na rede pública e privada do nosso país.

- Desenvolvimento:

Após a leitura coletiva do texto, os estudantes serão solicitados a socializar suas ideias e vivências no grande grupo, fomentando uma análise crítica dos dados apontados, suas consequências e relações sociais e culturais.

Concluído o debate inicial, solicitarei que a turma opine sobre a existência de risco devido à exposição à radiação, e para dar continuidade ao debate farei aos estudantes alguns questionamentos, como:

- A exposição à radiação só acarreta malefícios?
- Existem níveis seguros de exposição à radiação?
- O que vocês sabem sobre a existência de controles nos hospitais e clínicas sobre a utilização da radiação, isto é, dos raios X?
- Os profissionais que trabalham nos setores de radiologia das clínicas e hospitais estão expostos a grandes riscos?
- Vocês conhecem a profissão do físico médico? Onde ele atua?

Para discutirmos acerca do tema, realizarei a exibição um pequeno vídeo abordando a interação da radiação com a matéria e seus efeitos<sup>9</sup>. Após a exibição do vídeo, farei a formalização do tópico e explicarei: a interação da radiação com material biológico e seus efeitos; a diferença entre as radiações ionizantes e não ionizantes; o poder de penetração dos diferentes tipos de radiação, as medidas de proteção necessárias à exposição à radiação. Como material de apoio para as explicações, utilizarei uma apresentação em *slides*.

- Fechamento:

Encerrarei a aula retomando aspectos positivos e negativos da utilização da radiação. Solicitarei aos alunos que formem os grupos para organizarmos as dramatizações, que será a atividade final do módulo. O objetivo será aprofundar a conscientização dos educandos sobre a importância do tema na vida social, como propõe Freire, subsidiando as dramatizações.

Recursos:

- Computador e *Datashow*;
- Apresentação de *slides*;
- Vídeo: “*Is radiation dangerous?*”<sup>9</sup> disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=zI2vRwFKnHQ>;
- Materiais de uso comum.

---

<sup>9</sup> Vídeo disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=zI2vRwFKnHQ>. Acesso abr/2016.

### 5.8.2 Relato do Encontro 8

Após cumprimentar os estudantes, iniciei a organização do material para aquele encontro, informando-os da sequência das atividades que seriam realizadas. Como iniciariamos a aula com a leitura e debate de um pequeno texto que elaborei a respeito de alguns dados sobre a disponibilização de determinados recursos de saúde, como aparelhos de raios X e mamógrafos, solicitei aos estudantes que organizassem a sala para sentarem no formato de “U”.

Antes de iniciarmos as atividades desse encontro, os estudantes fizeram algumas perguntas referentes à organização da dramatização, pois queriam saber quem iria assistir às apresentações e se realmente era necessário que a turma estivesse separada em apenas dois grupos. Relataram que num grupo composto por nove estudantes (metade da turma que frequentava as aulas) eles encontravam dificuldades para se organizar. Respondi que ficariam livres para organizarem os grupos, e que a sugestão de personagens que eu apresentara no roteiro entregue na aula anterior não precisava ser seguida integralmente, mas que os temas discutidos em aula, como: a formação dos raios X, a proteção radiológica, os fatos históricos, o acesso aos recursos e emprego da tecnologia deveriam ser abordados durante a apresentação. Durante essa conversa constatei que nenhum grupo havia elaborado uma prévia do roteiro, e poucos tinham alguma ideia de como estruturar a sua apresentação. Por conta disto, aproveitei para lembrar à turma quanto às avaliações que estávamos realizando ou ainda realizaríamos durante a aplicação do projeto, enfatizando que além da dramatização ainda contaríamos com uma avaliação escrita do tipo prova. Combinei que reservaríamos um tempo no final desse encontro para eu auxiliar na organização das apresentações.

Retomando a sequência da aula, distribuí uma cópia da reportagem (Apêndice E) para cada um e realizamos uma leitura coletiva, com alguns estudantes lendo para a turma trechos do texto. Após a leitura, conduzi a turma na análise dos gráficos apresentados no texto, os quais informavam o número de aparelhos de raios X e mamógrafos e sua distribuição na rede pública (SUS) e privada do país. Perguntei à turma se sabiam o que era um mamógrafo e como alguns estudantes responderam de forma negativa, então o estudante E6 explicou aos colegas dizendo que era um aparelho que servia para fazer o exame da mama, pois ele tinha acompanhado a mãe quando a mesma foi realizar o exame.

Complementei explicando brevemente o funcionamento do aparelho e destaquei a importância da realização desse exame na prevenção e diagnóstico do câncer de mama.

A partir da leitura e da análise dos gráficos houve um debate muito rico, inclusive com a participação da professora coorientadora deste trabalho, que estava assistindo ao encontro. A transcrição de alguns fragmentos do debate segue abaixo:

*Professora-pesquisadora: No Brasil, o estado do Rio Grande do Sul é o terceiro estado com maior número de mortes devido ao câncer de mama. É um fato muito preocupante! Então a gente se questiona: isto ocorre por que as pessoas não têm acesso aos aparelhos ou será por não termos o hábito de fazer prevenção?*

*E4: Sora... é verdade que colocar desodorante causa câncer de mama? Minha vó me falou que prejudica.*

*E11: Eu vi uma reportagem, que tem desodorantes, aqueles de spray, que tem muito...que tem um produto que é muito forte e pode causar um câncer...*

*Professora-coorientadora: Como trabalho com pesquisa na área do desenvolvimento de materiais para cosméticos, gostaria de contribuir. Houve alguns desodorantes no passado que tinham na sua composição umas partículas de metal para evitar o suor. Hoje, os desodorantes já não têm mais esses componentes. Muitas vezes alguém na internet retoma essas informações do passado e divulga novamente, e acaba apavorando a população. Mas podem ficar tranquilos e continuar utilizando desodorantes...*

*E2: Eu acho que essa coisa, assim, quando tu para analisar os gráficos... eu fico bem chocada porque tu vê que no país é tudo privado. São poucas as coisas que se tem o acesso pra maior parte do povo. Nem todo mundo tem condições de pagar (...). Muitas vezes a pessoa se toca, sente o caroço e começa a ir atrás, mas fica não sei quantos meses esperando pra fazer tal exame, não sei mais quantos meses pra receber o resultado e ter a consulta com o médico. E aí a pessoa acaba morrendo esperando. Eu acho que falta muito do lado de avisar a população, porque a gente tem agora o lembrete pra população que é o outubro rosa, o novembro azul, que é um incentivo, mas daí falta o acesso aos exames pra população. A gente tem esse déficit não só na área da saúde, mas na educação, a pública e a privada não dá pra comparar, a segurança também não. Aqui no Brasil é tudo pra quem tem dinheiro.*

*E5: É ... esse é o capitalismo.*

*Professora-pesquisadora: Bom, eu também me surpreendi quando acessei os dados disponibilizados pelo ministério da saúde e vi que a maior parte dos equipamentos está disponível só para a rede privada.*

*E16: Deveria ser ao contrário né, porque a maior parte da população não tem como ir lá e pagar pelo exame. É tudo pra eles ganharem mais dinheiro.*

*Professora-pesquisadora: Vamos pensar, a maior parte da população utiliza o sistema público de saúde. Vamos supor que tu precisas fazer uma consulta, vocês sabem quanto custa uma consulta particular?*

E6: *Depende do lugar, mas acho que em média uns R\$....*

E9: *E depois tu ainda vai ter que pagar pra fazer os exames, voltar de novo pra ele ver os teus exames. Depois pagar o remédio. Sai muito caro. Meu pai foi no cardiologista semana passada e pagou R\$... pela consulta.*

Professora-pesquisadora: *Realmente (...). Mas a nossa constituição prevê o acesso aos recursos da saúde para toda a população. Vocês sabem de quem é a responsabilidade na gestão pública, como os hospitais, a atenção básica?*

E6: *O ministério da Saúde?*

Professora-pesquisadora: *O Ministério repassa os recursos para os municípios (...) a gestão desses recursos está sob a responsabilidade dos municípios. São eles que são responsáveis por manter as estruturas dos hospitais, as unidades básicas de saúde, disponibilizar os equipamentos. Isto deveria ser vantajoso para a população, pois ao descentralizar a administração, a população fica mais próxima de quem faz a gestão dos recursos. Assim nós estamos mais próximos dos responsáveis, como o vereador, que às vezes é até o meu vizinho. Com essa proximidade eu consigo fiscalizar o que está sendo feito, consigo reivindicar as necessidades da minha comunidade.*

E12: *Esse é o problema, mesmo estando perto o povo não vai atrás pra saber.*

E2: *Também falta informação (...). Como a gente não sabe esse tipo de coisa, a gente não vai atrás da informação, não sabe de quem deve cobrar e nem pra quem reclamar.*

E16: *Na verdade as pessoas não sabem nem de quem cobrar. Não sabem que é o município que cuida das UBS.*

E6: *Exato, o acesso à informação talvez seja o "X" da questão!*

E3: *Eu já vejo de outra maneira! Tipo tem muita gente, uns cara sem noção que acham que o presidente ou o governador vai mudar alguma coisa. Não é o presidente ou o governador, é todo o conjunto. Tem gente que acha o papelzinho no chão na hora da eleição e escolhe o presidente e o governador é qualquer um, ou escolhe o prefeito e o vereador é qualquer um. Enquanto ficar nessa mentalidade que uma pessoa vai fazer a mudança, nada vai melhorar! Tu tem que escolher do primeiro ao último, pra daí termos a chance de algo mudar.*

E6: *Exato, porque muitas vezes um depende do outro pra aprovar um projeto ou fazer alguma coisa, mas as pessoas não se dão conta que é um conjunto que toma a decisão.*

Professora-titular: *Bom, mas agora vamos ver assim, muitas vezes a gente escuta as pessoas falarem: Ah, mas é Brasil! Olhem para as notícias dos Estados Unidos, o novo presidente quer acabar com o programa de acesso à saúde para a população de baixa renda. Então esse ataque à população mais pobre não é restrito ao Brasil. Como alguém comentou isso é algo do capitalismo, as pessoas querem ganhar dinheiro com o sistema de saúde. Mas também temos bons exemplos, minha avó só utiliza o SUS, e recebe um atendimento maravilhoso no Hospital de Clínicas e no posto de Saúde.*

E11: *Mas soras, os aparelhos que eles usam pra atender o particular e o SUS é o mesmo? Nós temos bons programas não dá pra generalizar, só que não em todos os lugares e também não tem acesso pra todo mundo.*

E2: *O problema é quando a gente vai pras partes mais periféricas, o posto que tá lá na vila...que o povo passa a noite na fila.*

Professora-titular: *Claro que tem problemas, mas precisamos tomar cuidado, porque ao falarmos que não funciona, ao generalizarmos, os governantes podem pensar e convencer a população de que como não funciona, vamos terminar com o sistema de saúde pública.*

E5: *É mesmo, daí não precisam mais usar dinheiro pra cuidar da população. Vão ficar dizendo que tem que mudar e essa mudança pode não ser boa pro povo.*

Professora-pesquisadora: *Aproveitando o gancho, vocês sabiam que o tratamento do HIV fornecido pelo SUS no Brasil é referência mundial?*

E11: *Na África, por exemplo, nossos médicos vão pra lá pra tentar ajudar no tratamento das pessoas, inclusive com AIDS.*

E6: *É mesmo. Eu, por exemplo, tenho diabetes e faço meu tratamento pelo SUS. Eu não tenho o que reclamar do SUS. O problema é que a falta de informação e acesso pra parte da população, faz tornar aos olhos de quem não utiliza o SUS, um sistema ruim que não funciona.*

Professora-pesquisadora: *Nosso sistema é uma referência, e muitas coisas funcionam muito bem. O que precisamos lembrar é que ele ainda não é o ideal, que pode melhorar e que é nossa responsabilidade continuar cobrando dos governos e dos políticos a manutenção e a melhoria das políticas públicas de atendimento para a população.*

E3: *Mais do que cobrar dos políticos, a gente precisa saber quem está lá. Tem que ter coerência na hora de dar o voto. Não votar porque é bonito, ou porque achei o papel na rua, ou porque meu amigo vai votar.*

E11: *Tem que buscar informação das coisas. A pessoa vota, e nem sabe quem foi aquela pessoa, o que fez até agora.*

E6: *Todo mundo adora reclamar (...). Acontece que tem muito jovem sem informação. Não vota com dezesseis anos, daí quando chega aos dezoito, vota em qualquer um e segue (...) reclamando. Só que não foi consciente na hora de votar e escolher o representante.*

E2: *Mas olha só, se a gente tivesse desde pequeno. Se eu não tô errada, acho que é na Holanda, eles tem desde pequeno uma matéria de sexologia, eles aprendem desde pequenos sobre sexo, gênero, identidade (...) pra trabalhar os preconceitos. Se a gente tivesse uma matéria que fosse falar sobre a política, pra discutir desde pequenos?*

E9: *Mas isso é o que Sociologia faz, ou deveria fazer, só que só faz quando já estamos grandes, no ensino médio.*

E7: *Tem escola que não tem Filosofia e Sociologia e tem Religião. Eu não estudei sobre política no fundamental.*

E2: *A gente não trabalha o que é uma Constituição, o que faz o vereador, o deputado. Tu tem que aprender e adivinhar quando tu vai crescendo e já tá na época de votar.*

E9: *É mas tem muito projeto hoje pra gente trabalhar com as crianças sobre eleições. Simular eleições (...) questões da escolha, do perfil do candidato. Dá pra trabalhar com criança sim, mas a escola tem que se propor.*

E16: *Não depende só do professor ter a ideia e tentar fazer o projeto, o aluno tem que se interessar também, tem que correr atrás.*

Professora-pesquisadora: *Certamente não depende apenas do professor, mas o professor tem um papel importante em estar disposto a trabalhar o tema. Vocês estarão no futuro trabalhando com os pequenos, com a formação inicial das crianças, então trazer essas questões para a sala de aula é muito importante para desenvolver a formação crítica dessas crianças.*

E6: *Não dá pra esperar só no ensino médio. No ensino médio depende mais do aluno do que do professor, o professor propõe o tema e o aluno muitas vezes não se interessa, mas outras vai atrás. Já com os pequenos, depende muito mais do professor querer fazer.*

Professora-pesquisadora: *Então, a ideia de discutirmos este texto é justamente para levantarmos essas questões e refletirmos um pouquinho, sobre o nosso papel aqui na escola, qual o papel de vocês depois como professores, e como nossa vivência escolar está relacionada com a sociedade. Também, que na aula de física podemos fazer discussões que são tão importantes para nossa sociedade e para a vida profissional de vocês.*

Dando prosseguimento às atividades programadas para aquele encontro, informei que conversaríamos um pouco sobre proteção radiológica, e iniciei a atividade listando os tópicos que estávamos abordando desde o primeiro encontro, expliquei que iríamos focar na interação da radiação com a matéria, e perguntei se a radiação trazia benefícios a nossa vida.

E4: *Pra nós sim, mas pra maioria da população não.*

E6: *Traz sim, por exemplo, quando tu quer ver algo interno em ti, mas a radiação em si não traz benefícios. Tipo, tanto que quem é técnico em radiografia tem uma série de exigências pra trabalhar na área.*

E2: *Aí (...) vou falar! Tem uma série no “Netflix” que é tipo assim, pelo que entendi, teve uma bomba de radiação que explodiu aqui na Terra e as pessoas foram morar tipo no céu, um lugar fora do planeta. Depois de um tempo, cem jovens voltaram pra cá pra ver se a Terra era habitável. Pelo que eles explicam o sistema deles era imune à radiação. Mas umas pessoas que ficaram aqui, ficaram embaixo do solo, mas cada vez que abria por exemplo uma fresta na porta, a pele delas queimava por causa da radiação e eles sofreram mutação do corpo, não sei explicar direito.*

Professora-pesquisadora: *Legal, não conheço está série, mas pelo que percebi no relato da E2, apresenta alguns riscos da exposição à radiação, que seria a nossa próxima pergunta. Então já comentamos sobre benefícios e malefícios da interação da radiação com a matéria. (...). Retomando o comentário do E6, sobre o técnico em radiologia, vocês sabiam que existe esse controle? Vocês têm informação sobre os cuidados que vocês precisam ter ao fazer uma radiografia?*

E3: *Quando eu vou fazer uma radiografia eu vejo a técnica pegando a placa, liga o aparelho que emite as ondas, e depois leva pra outra sala.*

Professora: *Ok, ela leva na outra sala pra revelar a imagem, como se faz com uma fotografia.*

E9: *Eu fui fazer aquele exame da boca, pra pôr o aparelho. Tipo assim, não me falaram nada se tinha risco.*

E5: *Eu fiz esse também, daí me colocaram sentado e colocaram em mim aquele colete e fizeram o exame.*

E9: *Em mim não colocaram nenhum colete.*

E3: *Quando fui fazer dos seios da face foi a única vez que me colocaram o colete, pros outros não tinha nenhuma proteção. Nesse eu fiquei de pé e com colete.*

Professora-pesquisadora: *Além de colocarem o colete, foi feita mais alguma recomendação ou pergunta?*

E5: *Só ficar parado.*

Professora-pesquisadora: *E para as meninas? Nenhuma pergunta?*

As respostas das estudantes foram negativas.

Professora-pesquisadora: *E o técnico em radiologia e o médico, vocês acham que eles estão expostos a algum risco?*

E2: *Eles têm um tempo menor do que as outras pessoas.*

E6: *Eles se aposentam mais cedo.*

E9: *Eles se aposentam mais cedo porque ficam expostos à radiação.*

E6: *Mesmo que eles corram pra trás daquela placa gigante pra se proteger, mesmo assim eles correm riscos.*

Professora-pesquisadora: *Essa placa gigante é chamada biombo. Vocês sempre veem o técnico ir para trás do biombo quando fazem exames? (...). E vocês já ouviram falar no físico médico?*

E9: *É um médico que estudou física!*

E6: *Eu ia falar do cara do laboratório, mas acho que não é ele...ah, lembrei, é o biomédico.*

Professora-pesquisadora: *O físico médico é um profissional que não é um médico, é um físico que irá trabalhar com questões referentes à medicina, como a*

*proteção radiológica, os tratamentos com uso de radioterapia, o controle dos equipamentos entre outras questões.*

Para dar continuidade ao assunto e exemplificar a interação da radiação com a matéria, assistimos ao vídeo produzido pelo TED Educacional *“Is radiation dangerous?”*<sup>9</sup>. Após a exibição do vídeo, retomei com os estudantes a presença da radiação no nosso cotidiano através da montagem do espectro eletromagnético que havíamos realizado no Encontro 4, ressaltando as diferentes frequências associadas às ondas e, assim, à energia. Expliquei para a turma que a energia associada à onda é o que a faria ser uma radiação ionizante ou não ionizante.

Na sequência apresento um trecho do diálogo em que retomamos alguns conceitos utilizados na formação dos raios X.

Professora-pesquisadora: *Alguém lembra o que significava ionizar?*

E6: *É quando altera lá no átomo...quando...*

E5: *Isso...quando perde ou ganha energia...*

E6: *Acho que é um elétron ... perde ou ganha elétron...*

Professora-pesquisadora: *Isso pode ocorrer, por exemplo, quando fornecemos energia suficiente para arrancarmos um elétron de uma camada do átomo. O problema é que nosso organismo está preparado para funcionar com as moléculas organizadas de uma forma específica. Quando acontece esse processo de ionização, alterando o número de elétrons, a molécula não tem mais a “cara” que o organismo (vivo) está acostumado. Ela não está mais do mesmo jeito que as células sabem trabalhar com ela, então isso pode levar a diferentes consequências no nosso organismo. A célula pode simplesmente se regenerar, ela pode morrer ou ainda, o que é mais perigoso, pode ocorrer uma alteração na estrutura do DNA da nossa célula.*

Finalizando, retomei a explicação sobre as diferenças entre as radiações ionizantes e não ionizantes, trazendo alguns tópicos apresentados no vídeo e complementando através de *slides*. Reforcei a questão sobre os riscos relativos à atividade dos profissionais de radiologia e sua minimização devido ao uso dos equipamentos de proteção. Comentei sobre os parâmetros que deveriam ser observados na realização dos exames, como: espessura, tempo de exposição e energia; assim como sobre o uso dos equipamentos de proteção para os demais órgãos. Apresentei também algumas das sinalizações ou recomendações presentes nas salas de radiologia.

Professora-pesquisadora: *Algo que me chamou atenção nas nossas conversas de hoje é que vocês disseram que não era perguntado para vocês, antes de fazerem o exame, sobre a possibilidade de estarem grávidas.*

E9: *Ah, isso já me perguntaram sim. Essa última vez que tive que fazer um monte de exames (...) ela me perguntou se eu estava grávida.*

Professora-pesquisadora: *Por que será que a técnica precisou perguntar sobre a possibilidade de gravidez? Qual a importância dessa pergunta?*

E14: *Pra não nascer um mutante.*

E6: *Pra não nascer o Hulk.*

Professora-pesquisadora: *Não vai nascer o Hulk, vamos lembrar que existem diferentes tipos de radiação...*

E6: *Tá professora, sem bobeira agora. Assim, minha mãe trabalha em hospital, então ela tem várias amigas, daí elas ganham até uma licença maternidade prolongada porque a exposição aos raios X pode causar danos ao feto, por causa da duplicação das células...né?*

Professora-pesquisadora: *Isso. Por isso é tão importante que a profissional da área informe da gravidez, assim como nós quando vamos fazer um exame, para não expormos o feto desnecessariamente à radiação ionizante.*

Concluimos o debate sobre proteção radiológica analisando algumas das sinalizações que estão comumente presentes nas áreas de realização dos exames, como placas e sinais luminosos, lembrando as atitudes do profissional que garante a segurança no exercício da função.

Reservamos o final da aula para retomar a organização do trabalho final – a dramatização –, retomando a sugestão dos personagens e propondo a inserção de ideias que eles comentaram nos debates realizados no encontro desse dia ao analisarem, de forma crítica, suas vivências e ao proporem alternativas de conscientização na busca da transformação da própria realidade.

Colocamos nesta narrativa longos trechos dos diálogos que ocorreram no encontro com o objetivo de mostrar como foram profundas as reflexões dos estudantes, como se revelou a pluralidade das relações humanas e dos estudantes com o mundo frente aos desafios, que não se esgotavam em respostas padronizadas, mas mostravam criticidade. Nas palavras de Freire, “enquanto a prática bancária (...), implica numa espécie de anestesia, inibindo o poder criador dos educandos, a educação problematizadora, de caráter autenticamente reflexivo, implica num constante ato de desvelamento da realidade” (FREIRE, 2000, p. 70). Foi isto que pretendemos fazer nessa aula.

## 5.9 ENCONTRO 9: ELABORAÇÃO DAS DRAMATIZAÇÕES SOBRE MATÉRIA E RADIAÇÃO E PROVA

### 5.9.1 Plano de aula 9

**Data:** 24/11/2016, quinta-feira

**Períodos:** 2 h-a (1h40min)

**Conteúdo:** Matéria, Radiação e suas interações.

**Objetivos:** oferecer condições de aprendizagem para que os estudantes possam:

1. Utilizar os conhecimentos assimilados para montagem e apresentação de uma encenação (dramatização) sobre o tema *Matéria e Radiação*;
2. Selecionar e organizar os principais conceitos desenvolvidos acerca do tema;
3. Refletir sobre os conhecimentos desenvolvidos para propor mudanças na sociedade;
4. Intuir a produção do conhecimento científico como um processo histórico e social;
5. Reconhecer, a partir dos conhecimentos desenvolvidos, diferentes tópicos sobre o tema Matéria e Radiação;
6. Identificar e aplicar conceitos sobre ondas, natureza atômica da matéria, formação dos raios X e suas aplicações;
7. Elaborar argumentações acerca das radiações presentes no cotidiano.

Procedimentos:

- Atividade Inicial:

Iniciarei a aula debatendo com os estudantes questões referentes à formação integral do indivíduo, como autonomia, responsabilidade e comprometimento, bem como problematizarei o sistema bancário de educação, criticado por Paulo Freire, e as dificuldades em nos desacomodarmos e rompermos com esse sistema.

- Desenvolvimento:

Após, solicitarei à turma que organize os grupos de trabalho para que elaborem o roteiro da dramatização, elencando o tipo de programa/peça que será apresentada, quais personagens serão representados, quais temas ou questões serão abordados, bem como os materiais necessários (figurino, cenário, etc.).

- Fechamento:

Para encerrar o módulo “matéria e radiação” será aplicada uma prova com consulta ao artigo utilizado como material de apoio ao longo dos encontros, contendo questões sobre ondas, radiação, raios X, proteção radiológica e interação matéria-radiação. A prova conterà as questões elaboradas por eles durante a leitura do artigo e uma questão de posicionamento frente a uma situação do cotidiano. Assim como a dramatização, a prova também integrará a avaliação dos estudantes.

Recursos:

- Computador e *Datashow*;
- Cópias da prova sobre Matéria e Radiação;
- Cópias do artigo (utilizadas nos encontros anteriores);
- Material de uso comum.

### 5.9.2 Relato do Encontro 9

Ao chegar à sala de aula nesse dia, fui recebida com ansiedade por praticamente toda a turma em pé. Pedi que se acalmassem para eu conseguir entrar e largar meu material para, então, conversarmos. A programação era de apresentarem as dramatizações e de realizarem uma prova com consulta. Porém, o estudante E5 resumiu as colocações da turma dizendo: *Sora, ninguém tem nada pronto e tu precisa nos ajudar a organizar hoje.*

Novamente foi necessário realizar uma alteração no planejamento. Porém, como ocorrera nos encontros anteriores, a maior parte da turma não havia realizado as atividades propostas para casa e já estava preparada para esse percalço. Anteriormente, eu havia conversado com a professora titular da turma solicitando

mais um encontro (de duas horas-aula) para a conclusão da aplicação do projeto e recebi o consentimento da mesma.

A falta de comprometimento com o processo pedagógico ou falta de autonomia dos estudantes é um quadro muito comum em nossas salas de aula. Todavia, como trabalhamos com um referencial freireano, tínhamos o compromisso de realizar uma formação integral desses estudantes, em busca de uma educação emancipatória e libertadora. É preciso compreender que romper com essa postura passiva dos alunos em nossas escolas, advinda de uma educação bancária perpetuada e difundida ao longo do tempo, não é algo fácil. É preciso buscar alternativas e, em especial, dar oportunidades para que os alunos desenvolvam senso crítico, proatividade e construção coletiva, como propõe Paulo Freire, que nos serve de referencial teórico neste projeto de mestrado voltado à formação dos futuros professores.

Nas palavras de Freire, “(...) transformar a experiência educativa em puro treinamento técnico é amesquinhar o que há de fundamentalmente humano no exercício educativo: o seu caráter formador. O ensino dos conteúdos não pode dar-se alheio a formação moral do educando” (FREIRE, 2007, p. 33). Portanto, é evidente nosso dever, junto com os estudantes, de refletirmos e repensarmos nossas posturas e ações para, dessa forma, lembrando que eles próprios estarão trabalhando como professores na formação das futuras gerações, mostrarmos que uma escola diferente é possível; que não se justifica perpetuarmos um sistema de ensino que prioriza o tecnicismo que, na maioria das vezes, não visa à formação integral dos educandos. Tentamos refletir com os educandos e buscar a conscientização quanto às nossas responsabilidades sobre nossas ações, com vistas a alcançarmos a almejada mudança da realidade, negando o determinismo histórico que inúmeras vezes nos condiciona e nos acomoda.

Aguardei que se sentassem e fizessem silêncio e comentei que naquele momento iríamos conversar sobre o que estava acontecendo. Relembrei à turma que a organização do trabalho final já havia iniciado no Encontro 7, quando expliquei brevemente a proposta e distribuí orientações para que articulassem os grupos e as propostas. No último encontro também havíamos retomado essas questões, já com os novos grupos formados, alinhavando as ideias e a estrutura das apresentações. Contudo, ao chegar na escola recebi a informação de que os grupos nada tinham preparado.

Professora-pesquisadora: *É muito fácil criticar o professor, dizer “ahh, a aula é sempre igual é tudo sempre a mesma coisa e assim por diante”, é muito fácil. Porém não temos noção do quanto estamos sendo hipócritas nessa fala, pois quando nos programamos para propor atividades diferenciadas, que desacomodem, que sejam diferentes, a parte que cabe a vocês, devem fazer. É muito confortável a postura de ficar sentado reclamando. Vocês também precisam fazer a parte de vocês, ter comprometimento... Vocês não se dão conta que o que fazem na escola, vão levar para sempre, mesmo que não venham a ser professores depois, que escolham outra profissão. O comprometimento que demonstram aqui está formando vocês profissionalmente, como pessoa, está formando como vão se relacionar com outros. A nossa relação aqui é uma relação pessoal, nos encontramos toda semana e interagimos, cada um com sua individualidade e suas características. O comprometimento que eu tenho com as atividades que faço e com as pessoas com quem me relaciono refletem em todos os aspectos da nossa vida ... nós temos que nos comprometer. E quando nos comprometemos temos que dar o melhor de nós, eu me comprometi tentando toda semana trazer o melhor de mim para vocês.*

Alguns estudantes, depois, falaram que fora pouco o tempo para se organizarem, que era difícil eles se reunirem fora da escola, que tiveram outras atividades (como saída de campo, provas e trabalhos) naquela semana e que não tivemos tempo em aula para que eles se organizassem.

Frente aos argumentos da turma, expliquei que no nosso planejamento inicial do projeto estava reservado um encontro (duas horas-aula) para que eles pudessem, em sala de aula, organizar o trabalho, pensando justamente nessas dificuldades que eles elencavam. Porém, durante o andamento das aulas, percebemos que muitas vezes eles não aproveitavam o tempo da aula para realizar as atividades, perdendo o foco e se distraíndo com atividades diversas e, invariavelmente, queriam terminar a aula muito antes do horário previsto, quer as tarefas estivessem concluídas ou não. Essa postura ficou muito evidente ao longo dos encontros, reforçada pelo fato de que em todas as aulas ficou algo pendente. Por isso, à medida que o projeto avançava esse tempo foi diluído nos encontros para discutir o trabalho final, mas poucos foram os alunos que se dedicaram à tarefa, não aproveitando as oportunidades e desperdiçando o tempo. Comentei com a turma que em função disso, o primeiro período de aula seria usado para organizar as apresentações e no segundo, eles iniciariam a prova com consulta.

Sugeri que poderiam trabalhar em grupos menores para facilitar a organização e as demandas extraclasse, e que iniciassem anotando o tipo de programa e qual personagem cada um faria. Após, pedi que listassem as perguntas que iriam fazer, que não precisariam ter a fala pronta, que poderiam improvisar na

apresentação, mas que as perguntas e as respostas deveriam estar organizadas. Informei também que a professora coorientadora estaria presente no encontro e que havia se disposto a participar da dramatização, auxiliando nas perguntas sobre o tema.

Após essa conversa os estudantes demonstraram uma postura diferente, e rapidamente formaram os grupos e iniciaram a organização e planejamento da dramatização. Circulei pelos grupos auxiliando na organização e observei que alguns estudantes buscaram os *notebooks* para pesquisar. A professora coorientadora participou dessa aula e também se sentou com os diferentes grupos, auxiliando-os. Ao final do tempo estipulado, a maioria dos grupos havia planejado um programa de debates ou de entrevista, deixaram encaminhadas as perguntas ou tópicos que cada integrante seria responsável por abordar e decidiram sobre os materiais que eles precisariam trazer. Dois grupos também deixaram marcados ensaios fora do horário de aula. Certifiquei-me de que todos estavam com os trabalhos encaminhados antes de dar continuidade às tarefas.

Para iniciarmos a atividade seguinte, solicitei que se sentassem individualmente e separassem o seu material de consulta (o artigo e o caderno). Expliquei que deveriam responder às questões consultando o material e esclareci que todas as questões que estavam na avaliação tinham sido elaboradas por eles no segundo encontro, quando leram o artigo, com exceção da última questão, que eu havia elaborado. Reforcei também que além das respostas estarem no artigo, todas as questões tinham sido debatidas em aula. Avisei que iniciariamos a avaliação naquela aula e encerrariamos na seguinte, porém eles deveriam se concentrar e responder o maior número de questões, pois teríamos também a apresentação dos trabalhos finais (as dramatizações) no último encontro. Passei a ler com a turma algumas questões da prova para esclarecer dúvidas de vocabulário. Durante a prova, como era esperado, foi possível perceber que os estudantes que faltaram a muitas aulas apresentavam maior dificuldade para responder. Ao término do período, como não conseguiram concluir a avaliação, ratifiquei que no encontro seguinte, após as apresentações dos trabalhos, eles poderiam terminar a prova.

Foi uma jornada difícil porque foi preciso chamar a atenção dos estudantes, mas o objetivo era fomentar neles o desenvolvimento, como futuros educadores, do senso de responsabilidade, dentro da linha de preocupação freireana (FREIRE,

1967, p. 19), de que toda a pedagogia deve visar uma “educação para a decisão, para a responsabilidade social e política”.

## 5.10 ENCONTRO 10: APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO - ENTRANDO EM CENA!

### 5.10.1 Plano de aula 10

**Data:** 01/12/2016, quinta-feira

**Períodos:** 2 h-a (1h40min)

**Conteúdo:** Matéria, Radiação e suas interações.

**Objetivos:** oferecer condições de aprendizagem para que os estudantes possam:

1. Utilizar os conhecimentos assimilados para montar e apresentar uma encenação sobre o tema *Matéria e Radiação*;
2. Selecionar e organizar os principais conceitos desenvolvidos acerca do tema, utilizando-os nas suas falas na dramatização;
3. Intuir a produção do conhecimento científico como um processo histórico e social;
4. Reconhecer os diferentes tópicos sobre o tema Matéria e Radiação;
5. Identificar e aplicar conceitos sobre ondas, natureza atômica da matéria, formação dos Raios X e suas aplicações;
6. Elaborar perguntas e argumentações acerca das radiações presentes no cotidiano;
7. Refletir as relações do cotidiano vivencial com os conteúdos aprendidos.

Procedimentos:

- Atividade Inicial:

Iniciarei a aula solicitando e dando um curto intervalo de tempo para que os grupos se organizem, e decidiremos sobre a ordem das apresentações.

- Desenvolvimento:

Quando os grupos se sentirem prontos, iniciaremos as representações na ordem combinada. Após a realização das encenações, retomaremos os tópicos abordados e faremos um diálogo sobre o desempenho dos grupos ou visando esclarecer dúvidas que eventualmente tenham surgido ao longo das falas.

- Fechamento:

Para encerrarmos o módulo, após as encenações, os estudantes concluirão a prova iniciada no encontro anterior.

Recursos:

- Prova escrita;
- Recursos para a encenação (vestimentas, artigos para o cenário, cartazes, decorações e demais materiais a critério das escolhas dos estudantes).

### **5.10.2 Relato do encontro 10**

Ao chegar à sala para o último encontro do módulo didático, a turma estava bastante agitada, mas em um clima diferente do encontro anterior. Estavam já organizando as vestimentas e os materiais para as dramatizações. Informei que poderiam usar em torno de dez minutos para trocarem de roupa e organizarem o que fosse necessário, decidimos a ordem das apresentações e lembrei que ao final concluiríamos a prova, pois estávamos encerrando nesse dia a aplicação do projeto.

O primeiro grupo optou por fazer um programa de debate, mediado por uma apresentadora. Os personagens interpretados, além da apresentadora, foram: uma médica, uma física, um físico e uma representante de uma ONG, sendo que o tema do programa foi “*Ondas eletromagnéticas, matéria, radiação e o Câncer*”. O grupo iniciou com a explicação do tema do programa pela apresentadora e com a entrada dos entrevistados. A dinâmica utilizada consistiu em perguntas feitas pela apresentadora a cada um dos entrevistados. A física apresentou os aspectos históricos da “descoberta” dos raios X, e explicou o que eram os raios X; o colega que também interpretou um físico, explicou sobre a radioatividade, trazendo alguns aspectos dos estudos de Becquerel. A entrevista com a médica abordou a utilidade do uso dos raios X na realização de exames médicos e explicou os danos causados ao nosso organismo quando a exposição é excessiva à radiação ionizante, abordando também aspectos da proteção radiológica. A representante da ONG

explicou o trabalho da fundação no auxílio às pessoas com câncer, trazendo um relato de uma experiência familiar no tratamento do câncer. O trabalho do primeiro grupo foi bem dinâmico e envolvente. Foi possível perceber que os estudantes conseguiram selecionar e apresentar alguns aspectos importantes dos temas abordados durante o projeto, inclusive com a realização de pesquisa para complementar as falas dos personagens.

O segundo grupo apresentou um programa de auditório com uma apresentadora que atuou como mediadora entre a professora coorientadora, que encenou como entrevistada, e os demais integrantes do grupo. Os integrantes do grupo fizeram perguntas a partir de seus lugares na plateia e trouxeram questões que foram elaboradas a partir do artigo utilizado ao longo de nossas aulas, sobre fármacos, formação de Raios X por frenamento e ondas mecânicas. Esse grupo demonstrou menos envolvimento na realização do trabalho, já que a participação ficou limitada à realização das perguntas.

Algumas fotos para ilustrar as encenações apresentadas pelos grupos são apresentadas na figura 13, mostrada na sequência.



Figura 13: Fotos das encenações realizadas por três dos grupos, simulando programas de auditório e de entrevistas.

Fonte: imagem capturada pela professora-pesquisadora autora dessa proposta.

O terceiro grupo optou por fazer o programa de entrevistas “*De frente com a Babi*”, abordando o tema “*Raios X*”, com a participação de uma física, um representante de uma ONG e uma médica. A física explicou sobre os danos causados pela exposição à radiação ionizante, a formação dos raios X, a proteção radiológica (com foco nos trabalhadores do setor de radiologia). A médica trouxe aspectos históricos e abordou a evolução da aplicação dos raios X na área médica. Ela também retomou alguns dos dados sobre a disponibilização dos equipamentos de raios X que haviam sido debatidos no Encontro 8, retomando aspectos sociais que estavam relacionados aos avanços da medicina e à importância da luta pela garantia ao acesso a esses recursos pela população mais carente. O representante da ONG explicou que o objetivo de sua organização era auxiliar crianças e adolescentes no tratamento do câncer e oferecer apoio ao paciente e às famílias.

Uma contribuição muito interessante deste grupo foi a explicação sobre a utilização da radioterapia no tratamento do câncer.

O quarto grupo iniciou a apresentação explicando que optaram por fazer um debate, tipo uma “troca de passes”, apresentando as ideias ou assuntos que foram discutidos durante o projeto que acharam interessantes; que abordariam também alguns fatos históricos e a radioatividade. Ao retomar alguns fatos históricos sobre a pesquisa com os raios X e materiais radioativos, o grupo abordou a exposição elevada de alguns pesquisadores e as consequências para a saúde dos mesmos. Explicaram sobre proteção radiológica, sobre a presença das ondas eletromagnéticas no cotidiano, destacando benefícios e malefícios da utilização das radiações e a importância do desenvolvimento tecnológico baseado no estudo das radiações. Elencaram vantagens das aplicações desse conhecimento e as facilidades que foram inseridas no nosso cotidiano como fruto dessas pesquisas. Após a apresentação desse grupo foi necessário retomar a diferença entre os conceitos de radiação e radioatividade, pois em algumas das falas foram utilizados como sinônimo.

O último grupo havia dito na aula anterior que gravariam um vídeo, porém não o fizeram. Foi preciso insistir para que apresentassem algo, pois eles alegaram que não estavam bem ensaiados e demonstravam insegurança. Sugeri a participação da professora coorientadora para auxiliar, respondendo algumas perguntas, e assim iniciaram a apresentação. Optaram por apresentar um programa sobre saúde e bem-estar, respondendo questões feitas pela plateia. O grupo começou com uma questão muito ampla (*o que é a física?*) e as duas perguntas feitas na sequência não estavam claras, demonstrando que não haviam realmente se preparado para o trabalho.

Utilizaram em torno de 50 minutos para as apresentações, e após organizaram-se para concluir a prova com consulta que haviam iniciado na aula anterior. Durante a prova, que foi construída com as questões elaboradas por eles próprios durante a leitura do artigo, alguns estudantes solicitaram ajuda, alegando que não conseguiam encontrar no texto as respostas. Expliquei que poderiam escrever conforme seu entendimento pessoal, sem recorrer ao texto, e enfatizei que algumas das perguntas que geravam dúvidas tinham sido apresentadas pelos grupos durante a dramatização.

A última questão da avaliação objetivava que os estudantes associassem e identificassem a presença da radiação no cotidiano, visando uma análise crítica na tomada de decisões em situações do dia a dia, decisões essas que podem ter importantes consequências no futuro da sociedade. A importância da conscientização política no momento da escolha dos representantes (da sociedade) foi elencada no debate estabelecido no Encontro 9 por vários estudantes, e como foi destacado pelo estudante E3 *“Mais do que cobrar dos políticos, a gente precisa saber quem está lá. Tem que ter coerência na hora de dar o voto (...)”*.

Assim, a intenção era que os estudantes relacionassem temas científicos abordados no projeto, valorizando a importância desses temas e de suas aplicações no cotidiano.

Na sequência, são transcritas algumas respostas dos estudantes:

E10: *Não, pois mesmo que ele faça um projeto de lei que proíba a exposição da população a qualquer nível de radiação, isso será impossível, pois a radiação está no nosso dia a dia.*

E5: *Não, pois é impossível a NÃO exposição à radiação porque a radiação está presente no nosso dia a dia, mas a gente não vê, é como o oxigênio. A radiação está presente no celular, no sol, no micro-ondas, na televisão, ou seja, em tudo. Então é IMPOSSÍVEL aplicar uma lei contra isso.*

E7: *Talvez, por que pensando bem tem alguns problemas como o câncer.*

E9: *Não. Diminuir sim. Não porque tudo é radiação. Não existiria celular e nenhum aparelho eletrônico.*

E11: *Não ganharia o meu voto. Os raios X por mais que em excesso possa causar doenças, também ajuda muito na prevenção de doenças. Proibir isso não ajudaria absolutamente em nada.*

E12: *Se as pessoas não tiverem conhecimento do assunto provavelmente vão votar nele, porque elas querem benefícios. Mas se for ao contrário ele não ganharia porque a radiação tem uma função importante nas nossas vidas e sem ela, muitos estariam adoentados e até mesmo paráliticos.*

E16: *Não, porque os raios X ajudam a descobrir doenças e pra fazer radiografias precisamos nos expor a radiação.*

Ao analisar as respostas dessa questão, dentre os dezesseis estudantes que realizaram a prova, dez responderam que não votariam em um candidato que promettesse proibir a exposição da população a qualquer nível de radiação; uma estudante respondeu “talvez” e cinco deixaram a questão em branco. Consideramos esse resultado positivo, pois mesmo que as respostas evidenciassem que alguns

associaram o termo radiação apenas a raios X, eles demonstraram compreender que a utilização da radiação no nosso cotidiano acarreta benefícios, mas que também pode trazer malefícios se as devidas medidas de proteção não forem tomadas.

Outro aspecto positivo foi que alguns estudantes deixaram claro nas suas respostas que compreenderam que o termo radiação está associado às diversas ondas eletromagnéticas que estudamos, e que estas estão presentes no nosso cotidiano, interagindo de diferentes formas com o nosso organismo.

## 6 RESULTADOS

A intervenção que fizemos junto a estudantes que se preparavam para ser educadores dos anos iniciais do Ensino Fundamental começou com uma discussão de objetos cotidianos, na tentativa de associá-los a certos termos científicos (atividade denominada “O que tem na caixa?”); evoluiu para a leitura em diferentes momentos e com diferentes objetivos de um texto que resultou em um artigo que foi construído para o presente projeto (Apêndice A); as leituras e as aulas expositivas foram progressivamente introduzindo os conceitos científicos associados (ondas mecânicas, ondas eletromagnéticas, modelos atômicos, radiações ionizantes e não ionizantes e, por fim, raios X), bem como as implicações desses temas na vida da sociedade moderna, que foram abordadas com bastante ênfase após a apresentação formal do conteúdo, retornando, assim ao contexto social.

Organizamos uma estratégia de representação em círculos sugerida pelo próprio Paulo Freire (Figura 12), em que *“os temas geradores podem ser localizados em círculos concêntricos, que partem do mais geral ao mais particular”* (FREIRE, 2000, p. 94) e retorna, depois, ao contexto inicial. Dessa forma, partimos de uma problematização inicial com objetos presentes na vida dos estudantes, propusemos questionamentos e endereçamos a aprendizagem a partir de um aluno concreto; buscamos ouvi-lo e a partir de sua fala, de seu conhecimento prévio, preparamos os encontros seguintes.

Da problematização inicial surgiu um mapa conceitual que expressava as principais ideias do grupo e a partir daí, utilizamos estratégias diversificadas ao longo dos encontros para facilitar a apreensão dos conceitos científicos. Começamos com a caracterização de ondas mecânicas, trabalhamos o espectro eletromagnético, as ondas eletromagnéticas, os modelos atômicos, os tipos de radiações (ionizante e não ionizante), a produção e utilização de raios X e, com isto, retornamos à problematização da realidade dos estudantes, almejando que o desenvolvimento de sua criticidade, durante o processo de aplicação do projeto, permitisse uma visão diferenciada dessa mesma realidade, relacionando os diferentes conceitos debatidos para a conscientização e a transformação social.

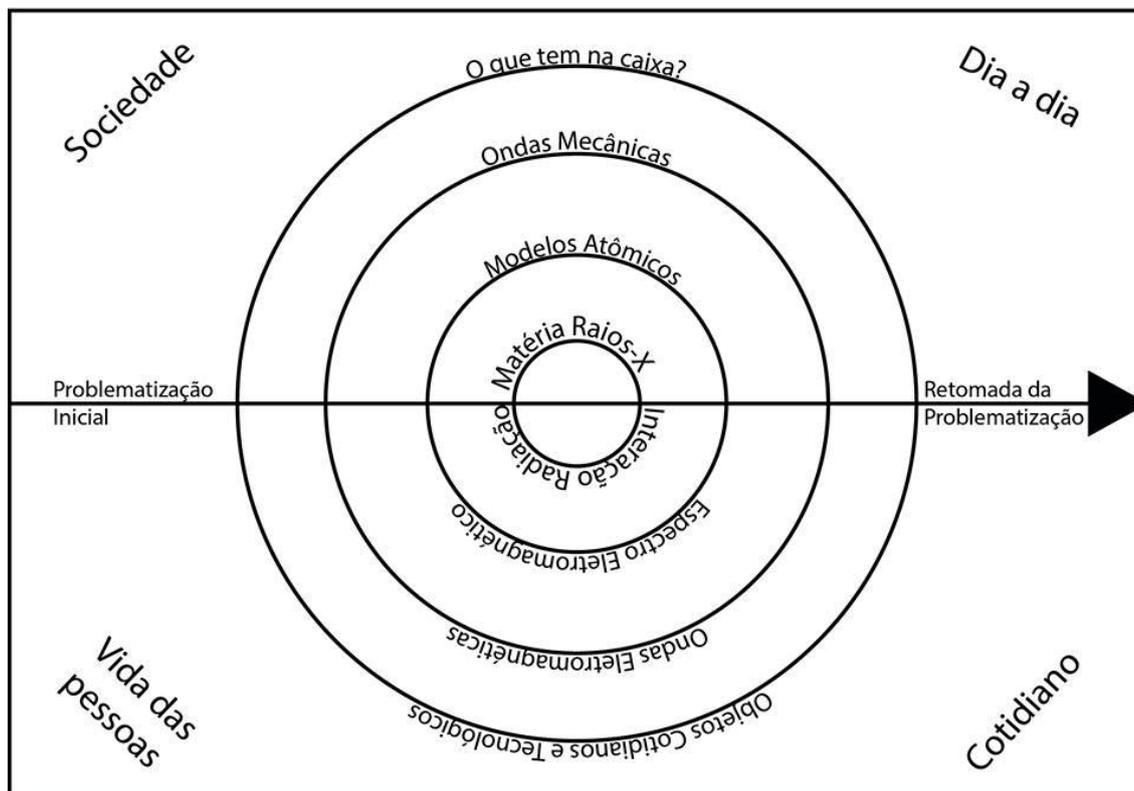


Figura 14: Representação em círculos do desenvolvimento da proposta didática a partir da sugestão de Paulo Freire.

Fonte: professora-pesquisadora autora dessa proposta

Como já mencionado, a primeira atividade, intitulada “O que tem na caixa? ”, permitiu-nos debater e incitar os estudantes a falarem sobre o que sabiam a respeito da presença das radiações no cotidiano, como eles as percebiam e relacionavam com o seu cotidiano. Esta atividade foi extremamente rica para estabelecermos a comunicação inicial entre os estudantes e a professora-pesquisadora, para reconhecermos a presença de conhecimentos científicos (ou outros que os educandos já sabiam). Desta forma, iniciamos a problematização a partir dos debates acerca dos objetos retirados da caixa. Freire sugere que uma elaboração do programa pedagógico seja iniciada com a participação na investigação temática de diversos profissionais, como psicólogos e sociólogos, além dos educandos e dos educadores. Não foi exatamente o que fizemos, dado que o tema central foi por nós proposto aos estudantes, e por esta razão nossa proposta não foi autenticamente uma investigação de termos e temas a partir do vocabulário dos educandos, mas foi inspirada em Freire. Segundo Freire, a falta de recursos e de tempo não podem ser um empecilho para a implementação de uma abordagem pedagógica dialógica:

Com um mínimo de conhecimento da realidade, podem os educadores escolher alguns temas básicos que funcionariam como “codificações de

investigação”. Começariam assim o plano com temas introdutórios ao mesmo tempo que se iniciariam a investigação temática para o desdobramento do programa, a partir destes temas. (FREIRE, 2000, p. 118)

Para a sistematização ou organização dos conhecimentos científicos relacionados com as radiações, em diferentes momentos, trabalhamos com a leitura e análise do artigo construído para este projeto. Apesar do primeiro contato dos estudantes com o artigo ter sido difícil, devido à resistência da turma frente à atividade de leitura, pois aparentemente não estavam acostumados a realizar, avaliamos como bastante positivo o uso do artigo como texto de apoio para o estudo das radiações. Ao repensarmos e reformularmos nossa prática pedagógica, retomando o artigo de forma mais fragmentada, orientando e acompanhando a leitura, debatendo nos grupos trechos menores, conseguimos obter uma participação mais ativa dos estudantes e um melhor aproveitamento do mesmo.

A utilização da leitura (e releitura) do artigo como estratégia pedagógica é sugerida por Freire na obra “Pedagogia do Oprimido”, quando propõe que “outro recurso didático, dentro de uma visão problematizadora da educação e não “bancária”, seria a leitura e discussão de artigos de revistas, de jornais, de capítulos de livros [...]” (FREIRE, 1987, p. 118).

Paulo Freire, nesse mesmo livro, fala da importância do conhecimento acerca dos autores dos textos ou materiais disponibilizados. Essa apresentação dos autores como pessoas reais, próximas, que fazem parte de uma mesma realidade, que interagem com eles, gera uma aproximação da Universidade e desmistifica a figura do cientista-pesquisador. Infelizmente, para muitos estudantes de escolas públicas, as universidades (mesmo públicas) são vistas como algo distante, inacessível e que apenas alguns escolhidos têm o privilégio de frequentar e produzir o conhecimento. Os alunos utilizaram um texto que fora elaborado por pessoas que, juntamente com eles estavam vivenciando essa experiência pedagógica e que, previamente pensaram e dedicaram tempo e recursos ao desenvolvimento do material para ser utilizado por eles. Isto valorizou o momento pedagógico vivenciado por aqueles estudantes. Desafiou-os a repensarem suas formas de interpretação e intervenção no mundo, mostrando que o fatalismo histórico não deve ser a guia dos nossos destinos, mas que é possível haver uma transformação da situação social, vivencial em que nos encontramos.

Um importante aprendizado que levaremos para nossa vida profissional desta experiência de aplicação da proposta didática é a importância de percebermos que estamos inseridos em um momento histórico e social no qual os jovens formam-se em uma sociedade onde a comunicação é extremamente rápida e dinâmica. Este fato pode ser evidenciado pela popularidade das redes sociais, como o *Twitter* e seus cento e quarenta caracteres. A necessidade de leitura de textos científicos mais longos é indiscutível, mas devemos lembrar que, diferente das gerações anteriores, esta é uma habilidade que precisa ser desenvolvida gradativamente e incentivada com paciência, mesmo junto a estudantes do Ensino Médio. Aliada à leitura e estudo do artigo (Apêndice A), o uso de apresentações em *slides* que retomavam imagens e tópicos do próprio artigo propiciou aos estudantes uma melhor organização do conhecimento e suas relações, inclusive no momento da avaliação final, momento em que os estudantes puderam consultar o artigo.

Recebemos um retorno positivo da professora titular da turma sobre a utilização do artigo como material de apoio, bem como de algumas das práticas diferenciadas empregadas durante o projeto. A professora titular relatou que utilizou o material com suas turmas em outra instituição e ficou muito satisfeita com os resultados obtidos.

Uma fala que emergia frequentemente nas conversas entre os professores do Curso Normal era a respeito da postura dos estudantes quanto à falta de comprometimento com os estudos. Não são raras as vezes que o educador reproduz essa fala, desiludido e chateado, acreditando que o aluno que escolhe a carreira do magistério já deveria apresentar determinadas atitudes e comportamentos “de professor”, mas que a postura de “aluno” não condiz com o esperado em turmas do magistério. Contudo, assim como não nascemos seres autônomos e independentes, não nascemos professores. Escolhemos tornarmo-nos professores. Entendemos que é preciso que tenhamos consciência de que esses estudantes estão na escola justamente para desenvolver conhecimentos específicos e pedagógicos, apreender certas técnicas e cuidados necessários à prática docente, bem como adquirir autonomia e criticidade necessárias, não apenas à sua prática profissional, mas à sua vivência como seres atuantes no mundo.

Não podemos esquecer que eles, em geral, são adolescentes e trazem para a sala de aula todos os conflitos e características inerentes a esta fase de desenvolvimento. Inúmeras vezes a postura descomprometida dos estudantes

frustra nossas expectativas, não apenas no Curso Normal, mas em todas as modalidades de ensino. Porém, justamente por estarmos cientes de que esses estudantes estão em formação, é que devemos estar preparados para os percalços que encontramos no caminho.

No nosso caso, uma das frustrações que vivenciamos foi a não realização das dramatizações no encontro previsto, levando a uma extensão do período de aplicação da proposta, passando para dez encontros. Mas ao refletirmos, é fácil perceber que o tempo dos educandos não é o tempo do professor e esta compreensão é fundamental para diminuir nossas angústias e mantermos firmes nossos objetivos.

Quando iniciamos o nono encontro, em que estavam previstas originalmente as apresentações das dramatizações, já esperávamos que a turma não tivesse realizado a atividade combinada fora da escola. Isso levou às alterações necessárias, adaptando o cronograma. Contudo, não poderíamos nos furtar ao ato pedagógico de refletir com os estudantes sobre suas atitudes. O diálogo foi muito importante, pois ao ouvirmos os argumentos da turma, conseguimos refletir e analisar criticamente diversos momentos que pautaram a realização do projeto, retomando as atividades que ocorreram de forma satisfatória e aquelas que não ocorreram, chamando a atenção dos estudantes para a importância de sua participação ativa no processo educacional.

As dramatizações apresentadas pela turma foram, em sua maioria, do tipo programas de entrevistas. Foi perceptível a escolha dos grupos por debaterem questões acerca dos perigos da exposição aos raios X e sobre os benefícios da utilização das radiações, focando principalmente no tratamento de doenças graves e conhecidas, como o câncer. Um aspecto que nos chamou a atenção foi que nenhum grupo apresentou um personagem histórico na sua encenação, mas alguns introduziram os aspectos históricos através de algum dos personagens da época atual, como um filósofo ou físico, demonstrando a importância da compreensão da ciência como um processo histórico, uma atividade que se modifica com o passar do tempo.

Foi possível também perceber através das escolhas das perguntas abordadas nas dramatizações, que os estudantes conseguiram identificar e selecionar tópicos da ciência significativos e presentes no seu cotidiano, demonstrando a importância de compreendê-los, a fim de melhor interpretar a sua realidade e perceber a

implicação social que o acesso a esse conhecimento acarreta. A atividade foi relevante, pois ao incentivarmos os educandos a apropriarem-se do conhecimento científico e a expressarem o que desse conhecimento é significativo e que isto traz consequências para suas vidas, oportunizamos uma tomada de consciência, um momento para lançarem um olhar diferenciado e crítico sobre a sua realidade social, em busca da transformação da mesma.

A realização da prova ao final do projeto foi um momento importante, e ainda que possa ser interpretada como uma avaliação tradicional, propiciou aos estudantes a retomada da leitura do artigo buscando responder as perguntas elaboradas por eles no primeiro contato com o texto. Neste aspecto, entendemos que não foi uma prova nos moldes tradicionais, mas uma forma de dar continuidade do terceiro momento pedagógico de que fala Freire, isto é, aplicação do conhecimento.

Houve também (no teste escrito) uma questão mais geral, que exigia a análise de uma situação cotidiana incitando a tomada de uma decisão. Ao todo, dezesseis estudantes realizaram a avaliação final e destes, seis atingiram os objetivos de aprendizagem (37,5 %), quatro atingiram parcialmente (25%) e seis não atingiram (37,5%). Alguns estudantes não estavam presentes em um dos dias da realização da avaliação ou não haviam trazido o artigo, o que dificultou a obtenção de melhores resultados.

Na última questão do teste foi feita a seguinte proposição: Em sua campanha política, um candidato a vereador propôs um projeto de lei que proíbe a exposição da população a qualquer nível de radiação, em prol do bem-estar e segurança da população. Esse candidato ganharia seu voto? Justifique. Ao analisarmos as respostas dadas pelos estudantes, ficamos muito satisfeitos: a maioria (62,5%) conseguiu perceber a inviabilidade da proposta do hipotético candidato; alguns argumentaram sobre a presença dos diferentes tipos de radiação no cotidiano; outros destacaram os aspectos vantajosos das aplicações das radiações na área da saúde. De maneira geral, as respostas evidenciam conexões bastante reflexivas entre os temas abordados em sala de aula e o cotidiano da sociedade moderna, retomando, assim, a problematização inicial, que norteou o projeto.

Como a aplicação da proposta iniciou junto com o início do terceiro trimestre, todas as atividades realizadas integraram a avaliação trimestral da turma. Nas escolas estaduais do Rio Grande do Sul, no ano de aplicação do projeto os

estudantes eram avaliados com base em três diferentes conceitos, sendo estes: CSA (Construção Satisfatória da Aprendizagem) que corresponde a aprovação; CPA (Construção Parcial da Aprendizagem) e CRA (Construção Restrita da Aprendizagem), que demandam apoio e cuidados especiais. Aos estudantes que obtêm os conceitos CPA e CRA é oferecido o Plano Pedagógico Didático de Apoio (PPDA) a fim de recuperar os objetivos de aprendizagem que não foram atingidos pelos estudantes.

Ao fecharmos as avaliações do trimestre obtivemos que: dos 18 alunos frequentes, nove obtiveram o conceito CSA (50 %), cinco CPA (28 %) e quatro CRA (22%). Embora o cenário não seja totalmente positivo é preciso levar em conta o contexto de vulnerabilidade social desses estudantes e o baixo capital cultural que remete, por exemplo, à dificuldade e falta de hábito de leitura de textos científicos (ou seja, textos de não ficção). Observamos que havia um alto índice de infrequência de alguns estudantes, por inúmeras razões e situações. Acreditamos que este tenha sido o fator que mais contribuiu para o desempenho alcançado pela turma, pois apenas 61% dos estudantes obtiveram mais de 75% de frequência nos encontros; vários estudantes deixaram de realizar uma ou mais atividades ou não as concluíram; alguns chegaram para as aulas quando o módulo já estava em andamento havia alguns encontros; em função das faltas e atrasos frequentes apresentaram dificuldades para acompanhar o andamento das aulas.

Após a realização do último encontro, retornamos à escola para entregar as avaliações finais e dialogamos com a turma sobre a realização do projeto buscando entender como os estudantes avaliavam seus resultados. O retorno dos educandos foi muito positivo. Destacaram que o tema abordado foi interessante por relacionar os conteúdos aprendidos na escola com objetos cotidianos e tecnológicos que estão presentes o tempo inteiro em suas vidas, ou em situações corriqueiras como a realização de exames médicos. Outros aspectos destacados pela turma foi a realização da atividade “O que tem na caixa?”, a confecção dos mapas e a retomada dos mesmos. Comentaram ter achado muito bom poder falar, expressar ideias e o fato de que todos puderam dar opiniões, sendo esta participação fundamental na perspectiva de uma “educação libertadora”, já que os estudantes se reconhecem como atuantes e autores do seu pensar. Porém, os próprios estudantes reconheceram que em alguns momentos eles não apresentaram a postura mais

adequada de ouvir com atenção os colegas. Mas até isto revelou uma tomada de consciência crítica.

Outra fala da turma que merece destaque foi que eles gostaram de realizar as atividades, mas o problema foi precisar fazer muitas atividades no mesmo dia. Disseram que não estavam acostumados com esse ritmo. Por exemplo, quando discutimos o artigo, eles foram solicitados a elaborar um mapa conceitual, ou então, apresentaram a encenação e após isso concluíram a avaliação escrita com consulta ao artigo. Ou seja, os estudantes eram solicitados a ter uma participação ativa e intensa em um mesmo encontro o que, ao que parece, chocava-se com uma atitude em geral passiva, fruto possivelmente de uma educação bastante tradicional, do tipo “bancária” que Paulo Freire tanto critica.

O fato é que quando buscamos retirar os estudantes desse ritmo, solicitando deles novas atitudes, mais participação, mais atividades, leitura e releitura de um artigo científico, questionamentos, respostas, interpretações, etc., o dispêndio de energia foi necessariamente mais intenso. Esta colocação (de certa forma, uma reclamação) da turma leva-nos a acreditar que conseguimos mobilizar, desacomodar, retirar esses estudantes da passividade comumente observada em aulas de Física mais tradicionais.

Isto, por si só, foi para nós um resultado altamente positivo e inspirador para não desistirmos e realizarmos futuras aplicações da proposta.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como comentado no capítulo precedente, nem todos os estudantes alcançaram conceitos de “aprovação” na avaliação escrita final. Mas é preciso ter presente que uma prova, um teste escrito não é (e não foi), certamente, a única forma de avaliar a construção do conhecimento de estudantes em situação de ensino-aprendizagem.

Paulo Freire ensina-nos que a criticidade, a reflexão, a participação consciente no processo educacional são fatores fundamentais quando deixamos de considerar a educação como um processo de transmissão e memorização de conhecimentos e passamos a percebê-la como um processo coletivo de construção da autonomia e libertador. Retirar os educandos de suas classes, alinhadas, e colocá-los frente a frente, em círculo, para expressar e debater sobre o que sabem, o que compreenderam e como estão articulando o conhecimento que está adquirindo, já representa um esforço na direção da superação de uma educação tradicional.

Na atividade “*O que tem na caixa?*” percebemos que uma estudante que inicialmente se recusara a sentar no chão da sala de aula, tendo levado sua cadeira para o círculo, logo em seguida abriu mão dela e sentou-se junto com os demais. Este foi detalhe, mas mostra o quanto ainda precisamos avançar para modernizar nossa escola, trazendo-a mais para perto dos tempos modernos, da sociedade moderna.

O sistema educacional atual inúmeras vezes frustra as expectativas não apenas dos educandos, mas também dos educadores. Muitos são os fatores que podem nos levar à acomodação e perpetuação de um sistema tradicional de ensino, como baixos salários, turmas lotadas, jornada de trabalho excessiva, falta de infraestrutura, recursos e materiais didáticos. Somando-se a estes fatores a falta de postura, comprometimento, a excessiva acomodação e não raro, a desvalorização da educação pelos próprios estudantes, tudo isto pode contribuir para que o professor, mesmo consciente da necessidade de mudança e transformação pedagógica, abdique desta luta e siga no caminho já conhecido e menos arriscado.

Entretanto, os professores não podem se deixar tomar pela desesperança e simplesmente aceitar o momento presente como imutável. Somente podemos transformar a realidade do país se percebermos que esta transformação é

necessária e possível. Nas palavras de Freire, “No mundo da História, da cultura, da política, constato não para me **adaptar**, mas para **mudar**” (FREIRE, 2007, p.77). Esta necessidade de mudança evidencia a relevância para educação brasileira, especialmente para a Escola Básica, de Mestrados Profissionais, que nos auxiliam a analisarmos criticamente a nossa prática e, assim, tomarmos consciência do nosso papel político-pedagógico e buscarmos intervir na sociedade através do nosso fazer em sala de aula.

Em nossa opinião, os projetos e produtos educacionais elaborados no Mestrado Profissional em Ensino de Física da Instituição Pública que frequentamos viabilizam a aproximação entre o conhecimento produzido na academia e as salas de aula da Educação Básica, contribuindo para melhorarmos a qualidade da educação.

Destacamos um dos ensinamentos de Freire que nos guiou durante toda a aplicação do projeto e a escrita desta dissertação: “Na formação permanente dos professores o momento fundamental é o da reflexão crítica sobre a prática. É pensando criticamente a prática de hoje ou de ontem que se pode melhorar a próxima prática” (Freire, 2007, p.39). Para nós, o legado de Paulo Freire continua vivo, atual e é uma referência na prática docente. Nele inspiramos todo o planejamento narrado e apresentado nesta dissertação e a partir da óptica da apreensão crítica de conceitos científicos pudemos acompanhar um crescimento intelectual e humano de grande parte dos educandos com quem interagimos.

Após os vários encontros, seja pela comunicação, nem sempre verbal, com os estudantes durante a realização das tarefas, ou pelos debates realizados ao final dos mesmos com as professoras orientadoras deste trabalho, identificamos vários aspectos positivos que resultaram do módulo aplicado, bem como estratégias que não foram eficazes e precisarão ser repensadas. Possivelmente seja preciso orientar explicitamente sobre a importância da leitura de textos científicos e que apreensão dos conceitos e princípios científicos não é instantânea para, assim, diminuir a angústia dos estudantes, o que pode até resultar em desinteresse pelas tarefas. A flexibilização do planejamento é indispensável à prática docente, percebermos suas falhas e a importância de corrigi-las, a fim de atingir os objetivos da nossa prática pedagógica.

A educação não é ato de um único ser isolado, ela não pode ser pensada apenas dentro da escola, desvinculada da sociedade, e isto inclui o Ensino de

Física. Escolhemos um tema que foi proposto como “*tema gerador*” que abordou conhecimentos científicos contemporâneos e que estão presentes diariamente na vida desses educandos. Isto foi fundamental para repensar a nossa prática de forma mais ampla, englobando a realidade e o cotidiano dos estudantes, bem como a realidade dos cursos de formação de professores (Curso Normal) que possuem um reduzido número de horas aulas da disciplina de Física. Trabalhar conceitos fundamentais de Física a partir de um tema de Física Moderna visando atender às orientações dos documentos oficiais, as quais estruturam e organizam nosso sistema educacional, que há muitos anos indicam a necessidade de novos caminhos e concepções, mostrou ser possível. Optar por uma abordagem do currículo tradicional do ensino de Física, como alerta Terrazzan (1992), sem repensá-lo, sem considerar as especificidades do Curso Normal, pode distanciar cada vez mais esses educandos (futuros educadores) do Ensino de Física, o que certamente refletiria em suas futuras práticas pedagógicas.

Acreditamos, e somos tomados pela esperança de que nossa intervenção pedagógica, justamente por trabalhar com a formação de professores dos anos iniciais do Ensino Fundamental, contribuirá para que ocorram mudanças nas futuras gerações. A partir do momento em que os professores qualificam-se e sentem-se preparados, apropriando-se de conceitos e conteúdos de Física através de uma abordagem dialógica, a inserção destes conteúdos no Ensino de Ciências terá mais chances de ocorrer de forma natural.

A semente que desejamos lançar na formação de professores para o Ensino Fundamental visando a que abordem e discutam elementos de Física nas séries iniciais está intrinsecamente ligada com a alegria de aprender-ensinar, apresentada por Freire:

Há uma relação entre a alegria necessária à atividade educativa e a esperança. A esperança de que professor e alunos juntos podemos aprender, ensinar, inquietar-nos, produzir e juntos igualmente resistir aos obstáculos a nossa alegria (FREIRE, 2007, p.72).

Sendo a educação uma prática fundamentalmente humana, seguimos com a esperança de que nossas futuras intervenções nas escolas busquem, junto aos estudantes, compreender melhor suas realidades, construindo com eles um diálogo crítico e, coletivamente, buscar resgatá-los de suas situações, na práxis.

Educadores e educandos percebendo-se como seres inacabados podem aprender juntos e transformar a realidade em que estão imersos.

## REFERÊNCIAS

AUGUSTO, T. G. S.; AMARAL I. A. Concepções de professoras das séries iniciais, em formação em serviço, sobre a prática pedagógica em ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 19, n° 1, p. 163-176, 2014.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. *Parâmetros curriculares nacionais: ciências naturais*. Brasília: MEC/SEF, 1997.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação. Base nacional comum curricular. Brasília, DF. MEC, 2018. [http://basenacionalcomum.mec.gov.br/wp-content/uploads/2018/04/BNCC\\_19mar2018\\_versaofinal.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/wp-content/uploads/2018/04/BNCC_19mar2018_versaofinal.pdf). Acesso em abr/2018.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média. *PCN+: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: 2002. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>. Acesso em 08 abr. 2016.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Básica. *Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio*. Brasília: 2013. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/secretaria-de-educacao-basica/publicacoes> >. Acesso em 08 abr. 2016.

\_\_\_\_\_. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*. Brasília:1996. Acesso em 08 abr. 2016.

\_\_\_\_\_. Resolução CNE 02/2015, de 01 de julho de 2015. Estabelece as Diretrizes Curriculares nacionais para a Formação Inicial e Continuada dos Profissionais do Magistério da Educação Básica. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, n. 124, 02 jul. 2015.

CARAMELLO, G. W.; ZANOTELLO, M.; PIRES, M. O. C. A Perspectiva Freireana na Formação Continuada de Professores de Física. *Alexandria - Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v.7, n.2, p.51-72, 2014.

CARVALHO, A. M. P. A pesquisa no ensino, sobre o ensino e sobre a reflexão dos professores sobre seus ensinamentos. *Educação e Pesquisa*, v. 28, n. 2, pag. 57-67, 2002.

DANTAS, C. R. S.; MASSONI, N. T.; SANTOS, F. M. T. A avaliação no Ensino de Ciências Naturais nos documentos oficiais e na literatura acadêmica: uma temática com muitas questões em aberto. *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação [online]*, v. 25, n. 95. p. 440-482, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/s0104-40362017002500807>

DELIZOICOV, D. La Educación en Ciencias y la Perspectiva de Paulo Freire. *Alexandria - Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v.1, n.2, p.37-62, 2008.

FREIRE, P. *Educação como prática da liberdade*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1967.

\_\_\_\_\_. *Extensão ou Comunicação?* São Paulo: Paz e Terra, 8ª ed. 1985.

\_\_\_\_\_. *Pedagogia do Oprimido*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 28ª ed., 2000.

\_\_\_\_\_. *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*, São Paulo, Paz e Terra, 35ª ed., 2007.

\_\_\_\_\_. *Educação e Mudança*. São Paulo: Paz e Terra, 37º ed., 2016.

FUCHS, E. I. *Teoria da relatividade restrita: uma introdução histórico-epistemológica e conceitual voltada ao ensino médio*. Dissertação de Mestrado Profissional. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física – Instituto de Física, UFRGS. Porto Alegre, 2016.

GRECA, I. M.; BRANDÃO, A. G.; SANTOS, V. C.; DIAS, A. S. Currículo inovador para a formação de professores em ciências da natureza do ensino fundamental. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, vol .30, n. 3, p.538-553, dez. 2013.

HISTORY CHANNEL, Maravilhas Modernas: O Rádio. *YouTube*, Vídeo sobre os trabalhos de Maxwell e Hertz disponível em:  
<https://www.youtube.com/watch?v=FYArBYI9V6o>, acesso em: 31 ago 2016.

MARANDINO, M. O papel da didática de ciências no curso de magistério. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, vol. 16, n.1: p. 54-71, 1999.

MARQUES, N. L. R. *Formação dos alunos do curso normal para o ensino de ciências nas séries iniciais: uma experiência em Física Térmica*. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física, 2009. Disponível em:  
<<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/16422/000702678.pdf?sequence=1>>. Acesso em jun. de 2016.

MARQUES, N. L. R; ARAUJO, I.S. Investindo na formação de professores de ciências do ensino fundamental: uma experiência em física térmica. *Experiências em Ensino de Ciências*, Cuiabá, vol. 5(3), p. 131-152, 2010.

MOREIRA, M. A. *Teorias de aprendizagem*. 2 ed. ampl., São Paulo: E.P.U., 2014. p.247.

NOBEL MEDIA. X-rays. *NobelPrize.Org*, 15 de maio de 2001. Página contendo animações e dados históricos sobre Raios-X. Disponíveis em:  
<<http://www.nobelprize.org/educational/physics/x-rays/how-1.html>>. Acesso em 24 abr. 2016.

OLIVEIRA, A. T.; ROCQUE PALIS, G. O potencial das atividades centradas em produções de alunos na formação de professores de Matemática, *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, vol. 14, n. 3, pp. 335-359, 2011.

OSTERMANN, F.; FERREIRA, L. M.; CAVALCANTI, C. J. H. Tópicos de Física Contemporânea no Ensino Médio: um texto para Professores sobre Supercondutividade. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 20, n. 3, 1998.

PHET. *Onda na Corda*. Simulação que pode ser encontrada em: <[https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-on-a-string/latest/wave-on-a-string\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-on-a-string/latest/wave-on-a-string_pt_BR.html)> , Acesso 10 de abr 2018.

RODRIGUES, C. R.; COELHO, S. M.; AQUINO, A. S. Ensino de física nas séries iniciais: um estudo de caso sobre formação docente. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, vol. 26, n. 3, p. 575-608, 2009.

RODRIGUES, C. M.; SAUERWEIN, I. P. S; SAUERWEIN. R. A. Uma proposta de inserção da teoria da relatividade restrita no Ensino Médio via estudo do GPS. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 36, n. 1 (1401), 2014.

TED-Ed. Como os Raios X enxergam através da pele? *YouTube*, publicado em 22 de junho de 2015. Vídeo sobre Raios X, dados históricos, formação e aplicações. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=gsV7SJDDCY4>>. Acesso em: 24 abr.2016.

TED-Ed. Is radiation dangerous? *YouTube*, publicado em 14 de março de 2016. Vídeo sobre proteção radiológica. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=zl2vRwFKnHQ>. Acesso em: 24 abr. 2016.

TEIXEIRA, C. V.; MASSONI, N. T.; VARGAS, G. S. Raios X: um tema instigante para a introdução da Física Moderna e Contemporânea na sala de aula do Ensino Básico. *Experiências em Ensino de Ciências*, vol. 12, n. 2, p. 80-93, 2017. [http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo\\_ID349/v12\\_n2\\_a2017.pdf](http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID349/v12_n2_a2017.pdf)

TERRAZZAN, E. A. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau. *Caderno Catarinense de Ensino de Física* (hoje Caderno Brasileiro de Ensino de Física) vol. 9, n.3, p. 209-214, 1992.

## APÊNDICE A: ARTIGO SOBRE RAIOS X E ONDAS

### **RAIOS X: UM TEMA INSTIGANTE PARA A INTRODUÇÃO DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NA SALA DE AULA DO ENSINO BÁSICO**

*X-ray: an exciting topic to introduce Modern and Contemporary Physics in the classroom of Basic Education level*

**Cilaine Verônica Teixeira** [cilaineteix@if.ufrgs.br]

**Neusa Teresinha Massoni** [neusa.massoni@if.ufrgs.br]

*Instituto de Física - UFRGS*

*Código Postal 15051 - Campus 91501-970 Porto Alegre, RS*

**Ghisiane Spinelli Vargas** [ghisisv@gmail.com]

*E.E. de Educação Básica Gomes Carneiro*

*Praça Paulo de Aragão Bozzano, s/nº -91360-160 Porto Alegre, RS*

#### **Resumo**

Este texto tem o objetivo de ser uma introdução ao estudo dos raios X: o que são, como são produzidos e como afetam a vida humana. É, portanto, um texto introdutório que visa oferecer subsídios para uma abordagem do tema matéria e radiação em sala de aula, para a discussão de certos aspectos históricos indissociáveis à construção da ciência e para uma reflexão sobre as conexões do conhecimento científico com o cotidiano. Não dispensa, contudo, consulta a outras fontes para que o assunto possa ser aprofundado. Espera-se incentivar os professores de física do Ensino Básico a discutir esse assunto que é, ao mesmo tempo, instigante e relevante para a criticidade do aluno.

**Palavras-chave:** Raios X, Matéria e Radiação, Ensino de Física.

#### **Abstract**

This manuscript presents an introduction to the physics of X-rays: what they are and their effects on human life. Our aim is to give support for the discussion about the interaction between radiation and matter in the classroom, providing historical aspects which are relevant to science and its development. We also discuss the connection between science and daily life. The search of novel sources to deepen the reader's knowledge is also encouraged in this work. Finally, we hope that our work will stimulate the teachers of Elementary School to bring this topic to their students, in order to develop their critical thinking.

**Keywords:** X-rays, radiation and matter, Physics teaching.

#### **Introdução**

Todos já fizemos alguma vez uma radiografia no dentista, ou de alguma parte do corpo. Os raios X há muito tempo fazem parte do nosso cotidiano e são, sem dúvida, de grande importância na área da saúde, seja na realização de radiografias ou de tomografias computadorizadas. Mas a sua utilidade vai muito além de sua aplicação em diagnósticos por

imagem. Eles também são utilizados para determinar estruturas e estudar o comportamento de materiais para diversas aplicações, tanto na área da saúde, como nas indústrias de alimentos, de cosméticos e de eletrônicos. Utilizando os raios X podemos “descobrir” o que existe dentro de materiais diversos, em uma escala nanométrica, ou seja, da ordem de um bilionésimo de metro. Mas o que é essa coisa, que não podemos ver, que nos permite observar o que não enxergamos naturalmente? Neste artigo, vamos aprender o que são os raios X e como são produzidos. Para isso, veremos primeiramente alguns conceitos essenciais para que possamos compreender a Física que está envolvida neste processo.

## Conceitos básicos

### Ondas

As ondas mais conhecidas são chamadas ondas mecânicas: ondas do mar, ondas sísmicas, ou ondas em uma corda que é sacudida. Estas ondas necessitam de um meio material para se propagar (a água, a terra, a corda). Por serem mais familiares ao nosso cotidiano, ficará mais fácil entender alguns conceitos tomando como exemplo uma onda mecânica. Vamos considerar, então, uma corda colocada para oscilar através de uma de suas extremidades, com um movimento constante para cima e para baixo. Esta onda se propaga através da corda da esquerda para a direita, como na Figura 1. A essa direção de propagação chamaremos direção  $x$ . Se fizermos uma foto da corda, em um instante definido, vemos que cada ponto da corda está a uma altura,  $y$  em relação ao eixo de propagação  $x$ . Vemos na Figura 1 (a) que a altura de cada ponto da corda pode ser representada como um gráfico de  $y$  (altura) em função de  $x$  (posição ao longo da direção de propagação) e que existe uma altura máxima, a partir do zero, que é a amplitude da onda. Escrevemos isso como  $y(x)$ . A altura oscila entre o valor da amplitude acima e abaixo da linha do zero. A distância em  $x$  entre dois pontos com mesma altura, depois de passar por um ciclo completo, é definida como comprimento de onda,  $\lambda$ , dado em metros no sistema internacional de medidas.

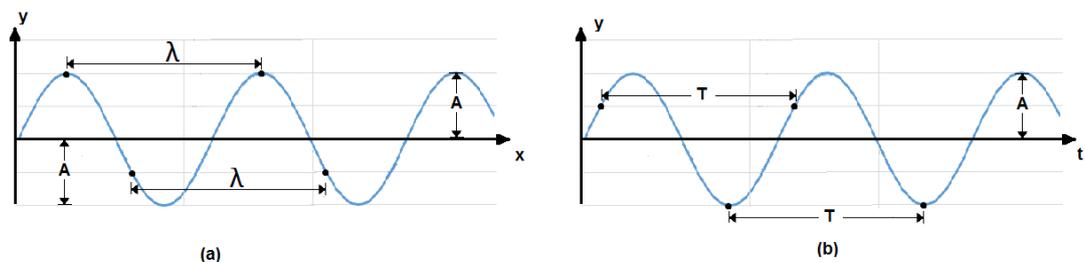


Figura 1: Representação de uma onda em função (a) da posição na direção de propagação; (b) do tempo.

Do mesmo modo, se observarmos um ponto em uma determinada posição  $x$  durante algum tempo, veremos a mudança de altura  $y$  deste ponto. Podemos igualmente representar esta altura em um gráfico como uma função  $y(t)$ , como na Figura 1 (b). O tempo necessário para que o ponto volte a ter a mesma altura, depois de passar por todas as alturas possíveis, é o período da onda,  $T$ . O número de vezes em que a corda passa por um determinado valor de  $y$ , em um determinado período de tempo, é a frequência da onda,  $f$ . Dessa forma a frequência de uma onda é o inverso do seu período:

$$f = \frac{1}{T} \quad (1)$$

$T$  é medido em segundos e a unidade de frequência é o Hertz.

Como sabemos, quando um corpo se move, a sua velocidade média é dada pela razão entre a distância percorrida e o intervalo de tempo correspondente,

$$v = \frac{d}{t} \quad (2)$$

Considerando que os impulsos dados à corda sigam um ritmo constante, eles irão se propagar através da corda com velocidade também constante. Assim a velocidade de propagação da onda é igual à velocidade média. A distância percorrida na direção  $x$  para que tenhamos dois pontos à mesma altura depois de um ciclo é, como já vimos, o comprimento de onda ( $\lambda$ ). E o intervalo de tempo para que tenhamos a mesma altura após um ciclo completo é o seu período ( $T$ ). Assim, a velocidade de propagação da onda será a razão entre o comprimento de onda e o período:

$$v = \frac{\lambda}{T} \quad (3)$$

Como a frequência de uma onda é o inverso de seu período, temos:

$$v = \lambda f \quad (4)$$

A força que aplicamos à extremidade da corda, que está na direção do eixo  $y$  e no nosso caso, se propaga (na forma de uma perturbação denominada pulso) ponto a ponto ao longo da mesma, de modo que a velocidade na direção  $y$  varia ponto a ponto. Apesar disso, desde que o nosso movimento varie repetidamente em intervalos de tempo regulares, a velocidade de propagação do pulso ao longo da direção  $x$  é constante. Para fazer a corda oscilar, devemos fornecer energia à corda, e essa energia é transmitida ao longo de toda a corda quando esta oscila. Em outras palavras, uma onda transporta energia.

### *Ondas eletromagnéticas*

Diversamente das ondas em uma corda ou das ondas do mar (que são mecânicas), não conseguimos ver a oscilação das ondas eletromagnéticas, mas elas fazem parte do nosso dia a dia. A luz, as ondas de rádio, as micro-ondas, e os raios X são ondas eletromagnéticas. Diferente das ondas mecânicas, as ondas eletromagnéticas não necessitam de um meio material para se propagar.

Qualquer partícula que tem carga elétrica produz, no espaço em torno de si, um campo elétrico. Este campo elétrico afeta todo o espaço onde ele está e age em todas as cargas elétricas que eventualmente estiverem ali. Sempre que duas partículas interagem, existe entre elas uma energia potencial. Assim, uma carga que está sujeita a um campo elétrico interage com ele, em função da existência de uma energia potencial associada a cada ponto do espaço, que é maior quanto mais próxima a carga estiver da fonte que dá origem ao campo. A energia potencial para cada unidade de carga elétrica é chamada de potencial elétrico.

Vamos considerar uma fonte que produz uma diferença de potencial elétrico que oscila periodicamente com o tempo. Quando uma carga elétrica é submetida a uma diferença de potencial elétrico ela irá se movimentar. Portanto, as partículas carregadas sujeitas a este potencial também terão um movimento oscilatório. Como partículas carregadas criam um campo elétrico no espaço que as cercam, então a oscilação da posição das cargas produz um campo elétrico oscilante.

Além disso, a variação de carga elétrica ( $\Delta q$ ) em um intervalo de tempo ( $\Delta t$ ), que faz com que um fluxo líquido de cargas atravesse uma determinada superfície, constitui uma corrente elétrica ( $i$ ):

$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t} \quad (5)$$

Quando uma diferença de potencial é aplicada entre os terminais de um material, a corrente elétrica se relaciona com o potencial por:

$$i = \frac{V}{R} \quad (6)$$

onde R é a resistência que o material apresenta para a condução das cargas.

Corrente elétrica, isto é, cargas em movimento, produz campo magnético. Como a corrente está oscilando à medida que o tempo passa, devido à variação do potencial elétrico, haverá a produção de um campo magnético periódico. Deste modo, haverá oscilações tanto do campo elétrico quanto do campo magnético. As variações do campo elétrico e do campo magnético são interdependentes e simultâneas. Como resultado, temos uma onda de campo elétrico e uma onda de campo magnético que oscilam simultaneamente em direções perpendiculares entre si, e se propagam juntas na direção perpendicular às direções de suas oscilações, como representado na Figura 2. Isso é o que constitui uma onda eletromagnética. A onda eletromagnética transporta energia elétrica e magnética. Sempre que cargas elétricas são aceleradas, produzem uma radiação eletromagnética que se propaga ao longo do espaço. Essa radiação pode ser produzida de formas diversas, seja por cargas oscilando em um circuito ligado a uma fonte de alimentação, seja no interior dos átomos.

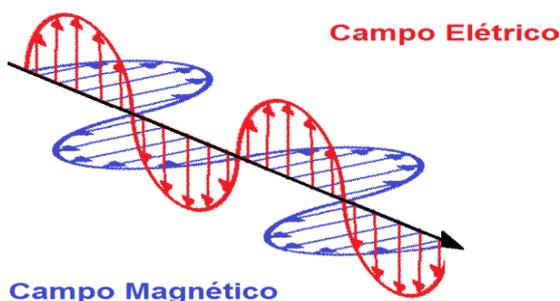


Figura 2: Representação de uma onda eletromagnética com a representação dos campos elétricos e magnéticos.

Foi James Clerk Maxwell quem, em 1873, desenvolveu a teoria do eletromagnetismo e “descobriu” que a luz é uma onda eletromagnética (Huray, 2010; Halliday, Resnick, Walker, 2008). Maxwell determinou também a velocidade de propagação de uma onda eletromagnética no vácuo, que é conhecida pela letra “c”<sup>1</sup>. Mais tarde, em 1887, Heinrich Hertz gerou e detectou ondas de rádio e “descobriu” que estas também eram ondas eletromagnéticas. Hoje conhecemos um amplo espectro de ondas eletromagnéticas, que vai desde os raios  $\gamma$  (raios gama) até ondas longas, por exemplo, ondas de rádio, passando pelos raios X, micro-ondas e pela luz visível, como mostrado na Figura 3. Todas elas se propagam com a mesma velocidade em um mesmo meio. Se o meio for o vácuo, propagam-se com velocidade  $c = 299\,792\,458$  m/s. Da equação 4 vemos que o comprimento de onda e a frequência são inversamente proporcionais. Portanto, comprimentos de onda maiores correspondem a baixas frequências e vice-versa. Note-se também que o espectro está em

---

<sup>1</sup> Hoje sabemos que a velocidade (valor de “c”) de propagação de uma onda eletromagnética no vácuo é muito grande, próxima a 300.000 km/s, como se verá na sequência deste texto.

aberto, não há limites definidos. Isto significa que poderão ser, no futuro, “descobertas” ondas mais longas que as ondas de rádio e ondas mais curtas que os raios gama.

Ao incidir em qualquer material, uma onda eletromagnética interage com a matéria de que é formado. Essa interação ocorre de modo semelhante à interação entre duas partículas (Halliday, Resnick, Walker, 2008; Young et al., 2009). Na realidade, a luz, assim como as outras ondas eletromagnéticas, ora se comporta como onda, ora como partícula. Esse duplo comportamento é chamado de dualidade partícula-onda, e foi verificado por Albert Einstein, em 1905, ao estudar o efeito fotoelétrico<sup>2</sup>. A partícula que transporta a energia de uma onda eletromagnética é chamada fóton. Assim, ao incidir na matéria, o fóton transfere energia em pacotes, ou seja, cada fóton fornece uma quantidade bem definida de energia. A energia de cada pacote é dada por:

$$E = hf \quad (7)$$

onde  $f$  é a frequência da onda e  $h$  é uma constante introduzida por Max Planck, e que por isso recebeu seu nome.

Quando a energia de um sistema qualquer tem níveis bem definidos, diz-se que ela é quantizada.

Dessa forma, as ondas eletromagnéticas, ou seja, a radiação, pode interagir com a matéria produzindo diferentes efeitos. Quando moléculas de um determinado corpo são atingidas por fótons de baixa energia, essa interação pode gerar aumento da temperatura desse corpo, caso os fótons excitem os modos de vibração dessas moléculas. Este tipo de interação é a base do funcionamento do forno de micro-ondas, que excita os modos de vibração das moléculas da água que constituem o alimento. Outro tipo de interação, que retomaremos detalhadamente no próximo item, ocorre quando os fótons que interagem com o corpo possuem energias maiores. Nesta situação eles podem ionizar os átomos, ou seja, arrancarem elétrons desses átomos, ou ainda realizar a dissociação de moléculas, quando sua energia é utilizada para realizar a quebra de ligações químicas dessas moléculas. Essas radiações são chamadas de radiações ionizantes e podem provocar danos às células do nosso corpo. Porém, nem sempre esse dano é prejudicial. Por exemplo, quando uma pessoa é submetida a radioterapia para tratar o câncer, as ondas utilizadas transportam energia suficiente para matar as células cancerígenas.

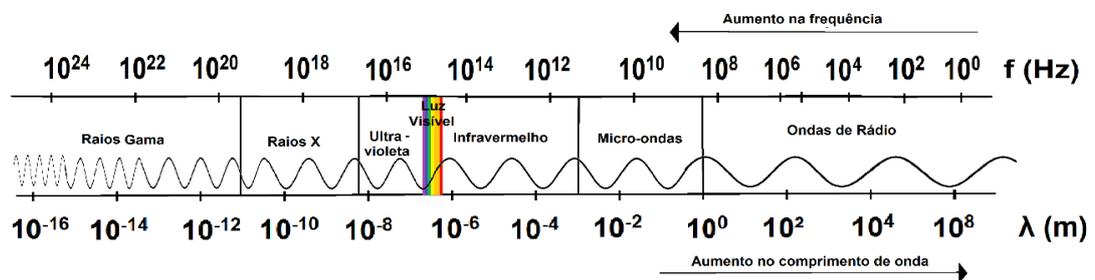


Figura 3: Espectro eletromagnético

### Níveis de energia dos elétrons nos átomos

<sup>2</sup> Efeito fotoelétrico é um fenômeno em que uma lâmina metálica é iluminada por luz de frequência adequada a qual ao incidir consegue arrancar elétrons da placa.

Sabemos que os átomos são formados por um núcleo com carga positiva, em torno do qual os elétrons giram. Os elétrons são distribuídos em órbitas definidas: as camadas, denominadas K, L, M, N..., começando, respectivamente, da mais próxima ao núcleo. Diz-se que os elétrons estão ligados ao núcleo atômico, pois existe entre eles (elétrons e núcleo) uma energia potencial negativa (i.e., de ligação). Cada camada eletrônica corresponde a uma energia de ligação bem definida, também chamadas de níveis de energia (bem definidos), sendo que os elétrons que constituem um átomo podem ocupar apenas os níveis de energia correspondentes a cada uma dessas camadas. Níveis intermediários são proibidos e nunca serão ocupados por elétrons. Devido à existência de níveis de energia bem definidos, dizemos que a energia é quantizada<sup>3</sup>. A organização dos elétrons em camadas dá-se porque, além da quantização da energia, os elétrons não podem ocupar todos o mesmo nível de energia. Essa “regra” se chama princípio de exclusão de Pauli, em homenagem a Wolfgang Pauli, que foi quem descobriu esse princípio em 1925 (Young et al., 2009), do contrário não estariam organizados em várias camadas.

Para arrancar um elétron de um átomo, precisamos fornecer energia (externa) que seja igual ou maior que a energia de ligação dele. As camadas mais próximas do núcleo possuem energia de ligação maior do que as camadas mais externas. Por essa razão, é mais difícil arrancar um elétron de uma camada mais interna do que de uma mais externa, ou seja, temos que fornecer maior energia para arrancar um elétron da camada K, do que para arrancar um elétron da camada N, por exemplo.

Há várias formas de fornecer energia para um material: se aumentamos a temperatura de um dado material, por exemplo, estamos fornecendo energia em forma de calor. Podemos observar isso quando fervemos a água em uma chaleira. Quando a temperatura aumenta, as moléculas ganham energia e se movimentam. É possível, também, fornecer energia para um material através de ondas eletromagnéticas. Como descrito anteriormente, as ondas eletromagnéticas transportam energia.

Como a luz é uma onda eletromagnética, se incidimos luz sobre uma superfície, fornecemos energia aos átomos que estão ali, e se essa energia for suficiente, pode arrancar um elétron deste átomo, ou apenas mudá-lo para uma camada mais externa (com energia menos negativa). Pode-se também fornecer energia para certo material ou partícula através de uma colisão. Por exemplo, ao chutarmos uma bola, estamos transferindo energia para ela, que se moverá.

Quando um átomo absorve energia vinda do exterior e um elétron salta para uma camada mais externa, o átomo fica em um estado de energia elevado (chamado de estado excitado). O estado excitado não lhe é favorável, e para abaixar o nível de energia desse

---

<sup>3</sup> A hipótese de quantização para a dinâmica dos elétrons foi proposta em 1913 pelo cientista dinamarquês Niels Bohr, através de duas hipóteses ousadas para a época. Primeiro, Bohr assumiu que o elétron em sua órbita ao redor do núcleo não emitiria radiação eletromagnética se ocupasse determinadas órbitas permitidas, chamadas *estacionárias* e, com isso, contrariou a teoria de Maxwell que dizia que corpos com carga elétrica (como é o caso do elétron) acelerados deveriam emitir radiação, perdendo energia. Segundo, Bohr propôs que o elétron emitiria radiação quando saltasse de uma órbita estacionária para outra de mais baixa energia, na forma de *salto quântico* e isto implicava admitir que como as mudanças de órbitas estacionárias ocorreria aos saltos, o movimento orbital angular (que não será aprofundado aqui, neste texto) deveria ser quantizado. Isto não encontrava justificativas na mecânica de Newton e ficou conhecido como “quantização do momento angular orbital. Na verdade, como se pode ver, Bohr propôs duas hipóteses que contrastavam, à época, com a teoria eletromagnética de Maxwell e com a mecânica de Isaac Newton e, por essa razão, seu modelo atômico está no bojo de uma nova física, que é hoje um dos pilares da Física Moderna e Contemporânea, conhecida como Mecânica Quântica (Schenberg, 2001).

átomo, o elétron volta ao seu nível de energia mais baixo, liberando uma quantidade de energia bem definida, correspondente à diferença entre os dois níveis. Essa liberação de energia normalmente ocorre em forma de emissão de uma onda eletromagnética (fóton), que pode ter energia na região da luz visível, ou fora dessa região.

Na Figura 4 temos uma ilustração de mudança de nível de energia de um elétron, através de absorção e de emissão de um fóton.

Agora estamos aptos a compreender como são gerados os raios X.

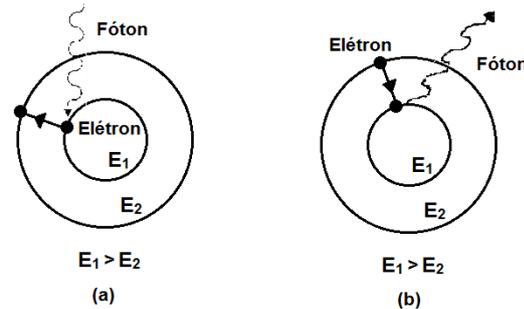


Figura 4: Representação da mudança de nível de energia de elétron com a. absorção e b. emissão de um fóton.

## Os raios X

Em 1895, o físico alemão Wilhelm Röntgen percebeu, durante um experimento, que algo não visível impregnava filmes fotográficos. Por se tratar de algo desconhecido, ele os chamou de raios X. Röntgen observou que esta misteriosa radiação atravessava objetos e os tecidos da pele, e que era absorvida pelos ossos. Prontamente descobriu-se a sua primeira aplicação: a radiografia, utilizada mesmo sem conhecimento da natureza desse fenômeno.

Hoje sabemos que os raios X, assim como a luz e as ondas de rádio, são ondas eletromagnéticas. Mas os raios X são muito mais penetrantes do que a luz e as ondas de rádio (i. e., são mais energéticos), e é esta característica que permite a sua aplicação na medicina, como nos exames de radiografia e tomografia, e é explorada na indústria nas técnicas de caracterização de materiais.

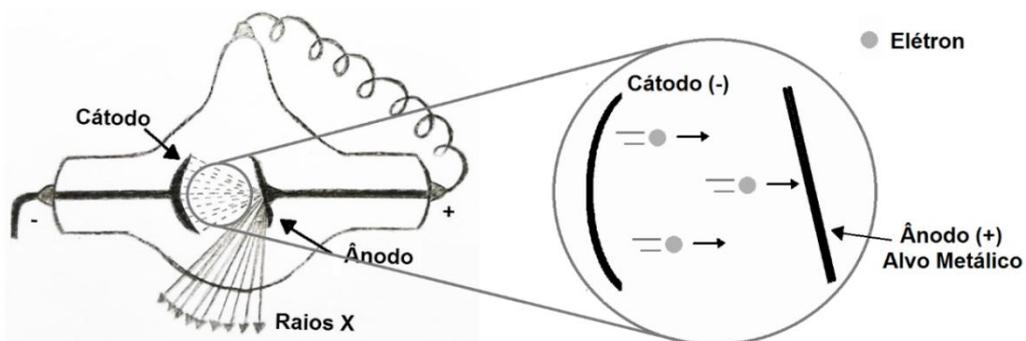


Figura 5: Esquema de um “tubo de raios X”. Em destaque, uma representação esquemática dos elétrons sendo acelerados em direção ao alvo metálico (ânodo).

### Formação dos raios X

O equipamento mais primário para se produzir raios X consiste em um tubo de vácuo, esquematizado na Figura 5. Em uma ampola de vidro mantida a vácuo são dispostos, um em

frente ao outro, dois eletrodos metálicos: o cátodo (filamento) e o ânodo (alvo). Vários metais podem ser usados como alvo, sendo os mais comuns o cobre e o molibdênio. Faz-se passar uma pequena corrente pelo filamento (cátodo), apenas para aquecê-lo e fornecer energia para que os elétrons que ali estão possam escapar da sua superfície. E aplica-se uma alta tensão entre o cátodo e o ânodo, com o polo negativo no cátodo. Uma capa de metal aberta é colocada em torno do filamento, como se fosse um espelho côncavo, e mantida ao mesmo potencial negativo do filamento. Assim, quando a tensão é aplicada entre o cátodo e o ânodo, os elétrons serão repelidos e ao mesmo tempo direcionados pela capa de metal, em direção ao ânodo. Como o potencial é alto, os elétrons ganham uma velocidade muito alta e também uma energia cinética ( $K$ ) muito grande, obtida pela equação:

$$K = \frac{mv^2}{2} . \quad (8)$$

Os raios X são formados de duas formas diferentes: uma delas resulta no que chamamos de espectro contínuo e a outra no espectro característico, que veremos nas próximas seções.

#### *Espectro contínuo de raios X*

Ao se chocar com o ânodo, os elétrons são desacelerados e perdem toda a sua energia cinética. Essa energia é liberada em forma de radiação eletromagnética, os raios X, como esquematizado na Figura 5. Para diminuir a perda de energia cinética durante o percurso dos elétrons, o tubo é mantido em vácuo. Mesmo assim, elétrons podem se chocar com algumas partículas de ar remanescentes, ou mesmo uns com outros, perdendo e recuperando energia durante o caminho. Deste modo, nem todos os elétrons chegam ao alvo com a mesma energia, de modo há uma distribuição contínua de energia liberada. Esses valores de energia não dependem do material usado no alvo, mas apenas da energia com que os elétrons chegam ao alvo. Como vimos anteriormente, a energia de uma onda eletromagnética é carregada em pacotes pelos fótons e dependem da frequência da onda. Como a frequência está relacionada com o comprimento de onda através da velocidade, que no vácuo é  $c$ , pode-se relacionar a energia cinética dos elétrons com o comprimento de onda dos raios X, através da equação:

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda} \quad (9)$$

A energia depende da tensão aplicada. Como há perda de energia durante o percurso, a energia cinética máxima adquirida se relaciona com a tensão aplicada por:

$$E_{máx} = eV , \quad (10)$$

onde  $e$  é a carga do elétron,  $1,602 \times 10^{-19}C$  e  $V$  é a tensão aplicada. Há, portanto, uma variação de intensidade de raios X produzidos em função da energia e, naturalmente, do comprimento de onda, como mostra a Figura 6. Por ter uma variação contínua, são chamados de radiação contínua, ou de radiação branca, já que, assim como a luz branca, é constituído por diversos comprimentos de onda. Outro nome dado a esse tipo de radiação é *bremsstrahlung*, que em alemão significa desaceleração da radiação.

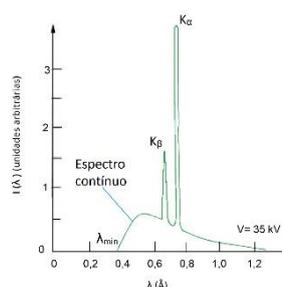


Figura 6: Intensidade de raios X produzidos em função do comprimento de onda.

Fonte: Imagem adaptada de Física Moderna (Tipler & Llewellyn, 2001, p.94)

### Espectro característico de raios X

Na Figura 6 vemos dois picos intensos sobrepostos à linha contínua. Vamos ver agora de onde eles vêm.

Como foi visto acima, os elétrons são dispostos nas diversas camadas em torno do núcleo. A camada K, a mais interna, é a mais energética. Como a tensão aplicada entre o ânodo e o cátodo é muito alta, os elétrons que atingem o alvo têm uma energia muito grande. Essa energia é tão grande que, quando transferida para o material através da colisão, consegue arrancar um de seus elétrons mais ligados, da camada K. O preenchimento das camadas em torno do núcleo, com elétrons, dá-se de dentro para fora, situação que confere estabilidade ao átomo. Quando um átomo perde um elétron da camada K, permanecendo com as camadas mais externas ocupadas, um elétron de uma dessas camadas vem a ocupar essa posição, para que o átomo volte a ficar estável. Quando isso acontece, a diferença de energia entre as duas camadas é liberada em forma de raios X. Como a diferença entre os níveis de energia de cada camada eletrônica é característica de cada elemento, os raios X liberados por essa transição são chamados de radiação característica, e se dá a comprimentos de onda bem específicos. Quando o átomo perde um elétron da camada K, qualquer elétron, de qualquer outra camada mais externa, pode vir a ocupar o seu lugar. Se este lugar é ocupado por um elétron da camada L (a segunda camada), chamamos a radiação de  $K_{\alpha}$ , ou linha  $K_{\alpha}$ . Se ele vem da camada M (a terceira), temos a linha  $K_{\beta}$ , e assim por diante.

Elétrons de camadas mais externas também podem vir a ocupar a camada K, mas a diferença de energia correspondente é maior e, muitas vezes, está fora do intervalo de energias que medimos no estudo dos raios X. De qualquer modo, os eventos de decaimento de um elétron para ocupar uma camada mais interna é um evento estatístico, e os decaimentos que envolvem menor diferença de energia têm maior probabilidade de acontecer. Por isso na Figura 6 temos o pico correspondente à radiação  $K_{\alpha}$  maior do que o pico correspondente à radiação  $K_{\beta}$ .

Acabamos de ver que há dois tipos de radiação X: os raios X contínuos, que não dependem do material do alvo usado e os raios X característicos, que dependem do material de que é feito o alvo. Desde a sua “descoberta”, já foi observado que esta radiação é bem mais penetrante do que a luz visível, ou seja, que os raios X têm energia bem maior do que a luz visível (maior também do que as ondas de rádio e micro-ondas), da ordem de keV (quiloeletronsvolts, menor). Isso significa também que sua frequência é maior, e seu comprimento de onda menor do que as ondas citadas. Seu comprimento de onda é da ordem

de bilionésimos de metro, ou seja, de nanômetros, cerca de dez mil vezes menor que o comprimento de onda da luz visível.

Os raios X ainda são produzidos em laboratórios em tubos como o exibido na Figura 5, embora melhorados com o tempo. Porém, o avanço da ciência permitiu o desenvolvimento de uma potente fonte de raios X: o síncrotron. O síncrotron é um anel com diâmetro de algumas centenas de metro, ao longo do qual os elétrons se movem com alta velocidade. Para mantê-los em movimento circular, são utilizados ímãs muito potentes. Quando a direção da trajetória dos elétrons é mudada, eles emitem radiação. Como eles se movem dentro do anel com velocidade muito alta, emitem radiação com alta energia e comprimento de onda dos raios X.

### *A descoberta dos raios X e seus efeitos*

A notícia da descoberta dos raios X foi amplamente divulgada em todos os jornais e revistas da época, trazendo imediata popularidade para Röntgen. Em 1896, um ano depois dessa descoberta, Henry Becquerel percebeu que sais de urânio emitiam uma radiação semelhante aos raios X. Ele começou a estudar esse fenômeno, embora não fosse capaz de compreender sua origem. Marie Curie interessou-se pelo tema e iniciou seu trabalho de doutorado sob a orientação de Becquerel. Ela chamou esse efeito de radioatividade e percebeu que se originava no interior do átomo. Foi além em sua investigação, “descobrindo”<sup>4</sup> que havia outros elementos radioativos, assim “descobriu” os elementos rádio e polônio. O casal Curie, Becquerel e o cientista neozelandês Ernest Rutherford estudaram em detalhe as radiações emitidas por vários elementos e as classificaram de acordo com seu poder de penetração, chamando-as de radiações alfa, beta e gama.

Na época ainda não se sabia de todos os efeitos causados pela radiação. Hoje sabemos que todos esses tipos de radiação, tanto naturais (emitidas espontaneamente como alfa, beta e gama) ou produzidas artificialmente (como os raios X ou radiação produzida em reações nucleares), transportam uma enorme quantidade de energia que, quando atinge qualquer material, é capaz de arrancar elétrons deste, gerando íons. Íons são partículas carregadas eletricamente, como um átomo que perde elétrons e deixa de ser neutro. Por essa razão são chamadas de radiações ionizantes.

Quando a radiação incide nos tecidos de qualquer órgão de seres vivos também arranca elétrons e deixa os átomos que formam os tecidos carregados eletricamente, causando-lhes danos. Os efeitos causados pela radiação vão desde queimaduras leves até grandes alterações dos tecidos, provocando câncer ou alterando o material genético. A primeira vítima de câncer devido à exposição excessiva a radiação foi Clarence Dally, assistente de Thomas Edison em seus trabalhos com raios X. Röntgen, no entanto, havia construído uma cabine de estanho e chumbo para impedir a entrada de luz no tubo de raios X, e esta cabine também não permitia a saída de raios X da câmara. Dessa forma, nunca sofreu nenhuma queimadura ou consequência por efeito de radiação.

Marie Curie morreu de leucemia, com 67 anos, provavelmente devido à exposição que sofreu às radiações durante a sua vida. Pierre Curie, no entanto, morreu

---

<sup>4</sup> O termo “descobrir” é usado neste texto com aspas para indicar que não se refere à noção ingênua de que leis, fenômenos e propriedades na Física são desvelados, mas no sentido de que o cientista constrói a ciência.

atropelado, 20 anos mais jovem, possivelmente cedo para que os efeitos da radiação se manifestassem.

Becquerel, depois de carregar uma amostra de rádio no bolso durante seis horas, teve sua pele queimada, mas apesar do longo tempo levado para a cicatrização, não desenvolveu o câncer.

A utilização e a exposição a um fenômeno novo e desconhecido pode representar um grande risco. O maior exemplo disso é a bomba atômica, lançada sobre Hiroshima com o objetivo apenas de ser uma bomba potente. Porém, seus efeitos causaram imensa surpresa e revelou enorme poder de destruição. Os efeitos das reações nucleares, por um lado são nocivos, por outro são explorados para tratamento de doenças, pois pode tanto destruir células sadias como células cancerígenas. Em outras palavras, apesar de poder ser muito perigosa, a radiação não é uma grande vilã. Além disso, os danos são causados quando o corpo absorve uma grande quantidade de radiação em curto período de tempo, mas pequenas doses, espaçadas de um longo tempo, não chegam a ser nocivas. Convém também lembrar que estamos permanentemente sujeitos à radiação natural proveniente de elementos presentes no solo, em rochas, e à radiação cósmica, não devendo os raios X e a radiação usada na medicina nuclear serem vistas negativamente.

#### *Aplicações dos raios X na ciência*

Como mencionado anteriormente, a radiografia foi a primeira aplicação “descoberta” para os raios X. Isto porque eles são absorvidos por materiais densos (ossos, por exemplo) e atravessam materiais menos densos como os tecidos. Outra aplicação, muito importante para a ciência, foi verificada alguns anos depois de sua “descoberta”, por Max von Laue. Para compreender essa outra utilização dos raios X vamos antes recorrer às ondas mecânicas.

#### *Interferência entre ondas*

Quando produzimos uma onda na superfície da água, geramos uma perturbação (onda) que se propaga em círculos, que se afastam do ponto onde a onda foi gerada (Figura 7 (a)). Se colocarmos um obstáculo com uma fenda no caminho dessa onda, uma nova onda será formada a partir da fenda e se propagará igualmente em círculos. Se colocarmos um obstáculo com duas fendas no caminho da onda, duas ondas serão geradas, uma em cada fenda (Figura 7 (b)). Essas duas ondas se encontram e interferem umas com as outras, de modo que seus efeitos se somam, formando uma onda resultante. Nos lugares em que os topos das duas ondas se encontram, temos um máximo de intensidade. Onde o topo de uma delas se encontra com o ponto mais baixo da outra, a soma se anula. Em situações intermediárias, temos intensidades intermediárias. A esse efeito chamamos interferência.

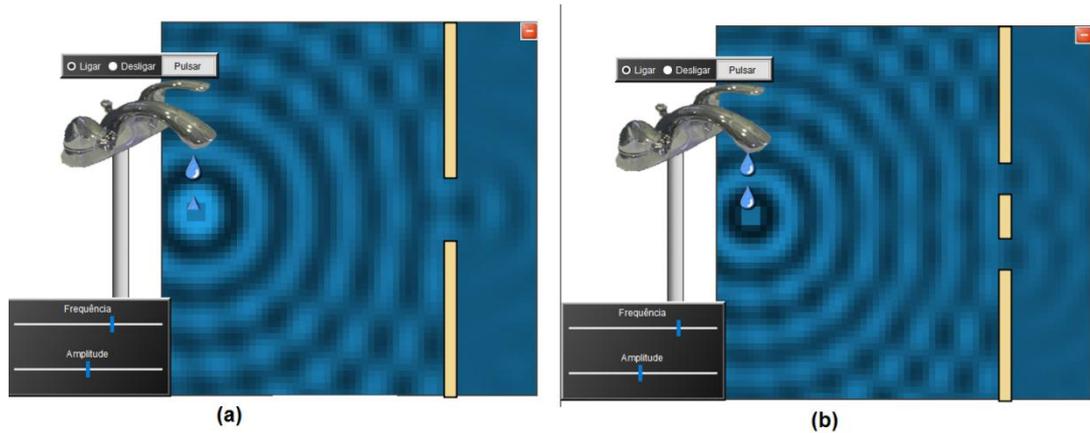


Figura 7: Representação de uma onda na água utilizando o simulador para interferência de ondas desenvolvido por PhET Interactive Simulations: (a) ao passar por uma fenda em um anteparo; (b) ao passar por duas fendas em um anteparo, gerando interferência.

A interferência é um fenômeno característico do comportamento ondulatório, ocorrendo para todos os tipos de onda, inclusive as ondas eletromagnéticas. Para que duas fendas (ou obstáculos) produzam interferência detectável, a distância entre elas deve ser da mesma ordem de grandeza do comprimento de onda da onda em questão. No caso dos raios X, são os elétrons presentes na estrutura da matéria que fazem o papel das fendas. Esta foi a descoberta de Max von Laue: os raios X interagem com os elétrons e novas ondas são geradas a partir de cada elétron (Figura 8). Esse fenômeno chama-se *espalhamento de raios X*. As novas ondas geradas interferem entre si, gerando uma onda resultante, com máximos e mínimos.

Diferente das ondas geradas na superfície da água, não podemos ver as ondas de raios X. Para observá-las é necessário usar detectores, que contam a quantidade de fótons que os atingem. A intensidade é proporcional ao número de fótons contados. Como a distribuição da intensidade de raios X resultante depende de como os elétrons estão distribuídos, a sua medida nos fornece informação sobre a distribuição de elétrons (chamada densidade eletrônica) do material.

#### *Aplicação do espalhamento de raios X*

A informação sobre a distribuição de densidade eletrônica de uma amostra de matéria, obtida a partir da análise da intensidade espalhada de raios X, nos fornece conhecimento sobre a estrutura das partículas ali presentes. Isso é de grande utilidade para se estudar a estrutura, a nível nanométrico, de materiais. No campo da ciência dos materiais, por exemplo, diversos materiais novos são sintetizados e modificados, e o conhecimento da estrutura interna dos produtos gerados é imprescindível para que se possa traçar rotas eficazes de síntese.

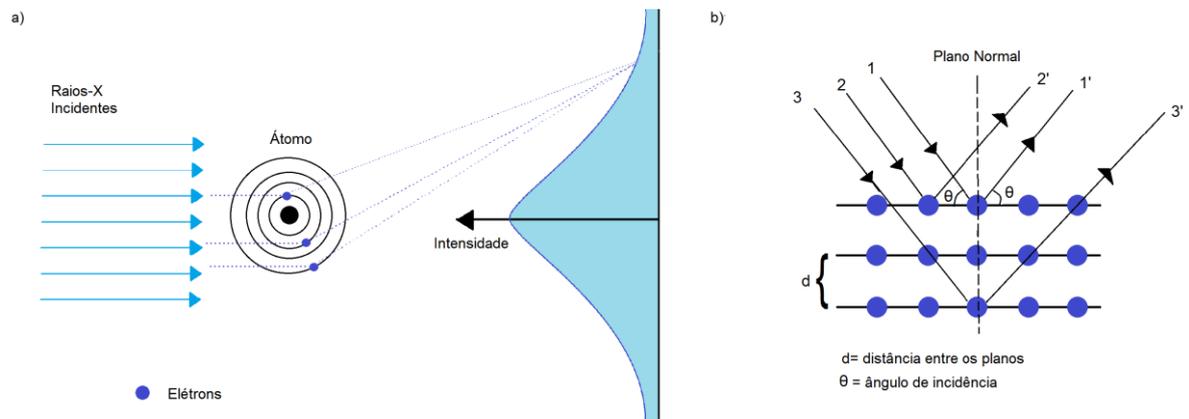


Figura 8: a. Distribuição de intensidade de raios X após sua interação com elétrons; b. Diversos feixes incidentes e espalhados após interagir com elétrons em um cristal.

Nas indústrias farmacêutica e de cosméticos, por exemplo, há uma constante busca de medicamentos que sejam mais eficazes e menos tóxicos. Além dos remédios já existentes, novos vírus surgem constantemente e novas vacinas devem ser desenvolvidas. O fármaco deve ser transportado até a parte do corpo adequada onde possa agir no organismo. Para isso, deve ser envolvido por uma estrutura que seja estável durante o transporte e se rompa, ou deixe escapar o ingrediente ativo, no local adequado (Figura 9 (a)). A pesquisa da ação desejada de tais materiais requer o conhecimento de sua estrutura, de sua estabilidade nas condições do meio por onde será transportado, e de sua interação com o ingrediente ativo. Além de assegurar o transporte e a liberação do princípio ativo no órgão (local do corpo) adequado, é imprescindível que este ingrediente tenha a ação desejada, porém sem causar irritabilidade nem danos para o corpo ou pele. Assim, é necessário também conhecer a interação do fármaco (ou cosmético) e de sua estrutura transportadora com as membranas que formam os tecidos do organismo. Os efeitos dessa interação se fazem sentir diretamente na estrutura das membranas, sendo possível relacionar modificações nestas membranas com possíveis efeitos tóxicos ou não tóxicos. Esses estudos são altamente beneficiados pela análise da intensidade de raios X espalhada pelos elétrons presentes nesses materiais e membranas.

Aqui foi citado um exemplo da aplicação dos raios X na área de desenvolvimento de medicamentos, mas essa técnica é largamente utilizada em outras áreas, como no desenvolvimento de materiais semicondutores (usados na indústria de microeletrônica), de nanotubos (tubos muito pequenos que têm diversas propriedades e estão na moda) (Figura 9 (b)) e na pesquisa e desenvolvimento de novos materiais. Toda estrutura que esteja na ordem de nanômetros pode ser estudada através da sua interação com os raios X.

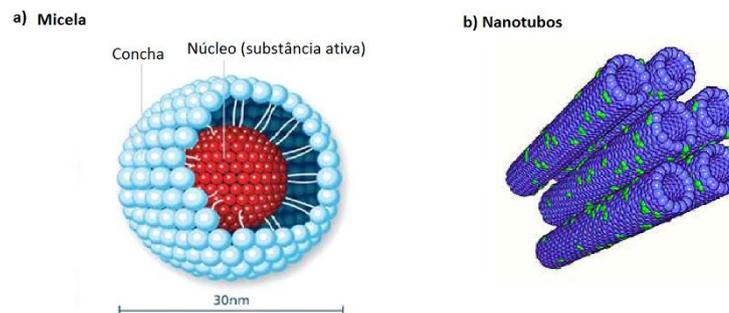


Figura 9: a. Exemplo de substância (ingrediente ativo) encapsulado dentro de uma estrutura micelar; b. Nanotubos

Fontes: a) Gupta A, A. et al. (2012) b) Yarris, L. (2000)

Neste artigo foi possível discutir um pouco da Física envolvida na formação dos raios X, ter uma ideia sobre os efeitos que podem causar e de sua utilidade na ciência, que vai além de seu emprego mais popular, a radiografia.

### *Considerações Finais*

Este texto que busca introduzir os raios X (origens, aplicações e interações com a matéria, especialmente com os seres vivos) é uma tentativa de oferecer um material acessível para que os professores de Física se sintam motivados a tratar temas de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. Isto se alinha com os objetivos da nova educação defendida em documentos oficiais há anos (LDB 9.394/96, PCNs, PCN+ e a nova Base Nacional Comum Curricular – BNC, em construção) cuja meta é superar o antigo projeto pedagógico, que visava transmitir conhecimentos disciplinares de forma padronizada e estanque. Desta forma, este trabalho pretende contribuir para que seja possível encaminhar um ensino capaz de alcançar a compreensão de processos e do desenvolvimento da ciência como um campo dinâmico, em permanente evolução, através da leitura, discussão e momentos de reflexão crítica junto aos alunos como forma de prepará-los para o efetivo exercício da cidadania.

### **Referências:**

BRASIL. *Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional*, Lei no 9.394, de 20 de dezembro de 1996.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). *Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio*. Brasília: MEC/Semtec, 1999.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). *PCN + Ensino médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC/Semtec, 2002.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação (MEC). Secretaria da Educação Básica. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: MEC, 2016, 2ª versão.

Gupta A, A A, Menakshi A, Sehgal A & Sehgal R. Nanotechnology and Its Applications in Drug Delivery: A Review. *WebmedCentral MEDICAL EDUCATION* 2012;3(1). Acesso em 25 jul, [https://www.webmedcentral.com/article\\_view/2867](https://www.webmedcentral.com/article_view/2867)

PhET Interactive Simulations, University of Colorado Boulder . Acesso em 21 mar, 2016. <http://phet.colorado.edu>

Schenberg, M. *Pensando a Física*. São Paulo: Landy Editora, 2001, 5ª ed.

Staguhn, G. *Breve storia dell'atomo*. Milão: Salani Editore, 2011.

Yarris, L. Nanotubes: Surprising Sensitivity to Oxygen Opens New Possibilities  
Acesso em 25 jul, <http://www2.lbl.gov/Science-Articles/Archive/zettl-nanotubes.html>

Huray, P.G., Maxwell's equations, Wiley-IEEE Press, DOI: 10.1002/9780470549919.fmatter,  
2011

#### Bibliografia consultada

Halliday, D., Resnick, R. & Walker, J., *Fundamentals of Physics*, Volumes 1-4, Cleveland State: John Wiley and Sons Inc, 2008, 8ª ed.

Hewitt, P. G. *Física Conceitual*, Porto Alegre: Bookman, 2011, 11ª ed.

Young, H.D., Freedman, R.A., Sears & Zemansky *Física*, Volumes 1-4, tradução Yamamoto, S.M. São Paulo, Pearson Ed. 2009, 12ª ed.

Cullity, B.D., *Elements of X-ray diffraction*, Reading, Massachusetts, Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1956

## APÊNDICE B: ATIVIDADE 1- LISTA DE PALAVRAS

Instituto Estadual de Educação General Flores da Cunha

Curso Normal

Nomes: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

Atividade: Leitura e elaboração de lista com palavras sobre artigo RAIOS X: UM TEMA INSTIGANTE PARA A INTRODUÇÃO DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NA SALA DE AULA DO ENSINO BÁSICO

Durante a leitura do artigo, vocês destacaram palavras ou expressões novas ou que não conhecem exatamente o seu significado. Liste-as nos espaços abaixo:

1-	13-
2-	14-
3-	15-
4-	16-
5-	17-
6-	18-
7-	19-
8-	20-
9-	21-
10-	22-
11-	23-
12-	24-

## APÊNDICE C: ATIVIDADE 2- FICHA PARA ELABORAÇÃO DE PERGUNTAS

Instituto Estadual de Educação General Flores da Cunha  
Curso Normal

Atividade: Leitura e elaboração de perguntas sobre o artigo RAIOS-X: UM TEMA INSTIGANTE PARA A INTRODUÇÃO DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NA SALA DE AULA DO ENSINO BÁSICO	
Nomes: _____	_____
Pergunta 1:	_____
	_____
	_____
Nomes: _____	_____
Resposta:	_____
	_____
	_____
	_____
Nomes: _____	_____
Pergunta 2:	_____
	_____
	_____
Nomes: _____	_____
Resposta:	_____
	_____
	_____
	_____
Nomes: _____	_____
Pergunta 3:	_____
	_____
	_____
Nomes: _____	_____
Resposta:	_____
	_____
	_____
	_____
	_____
Nomes: _____	_____
Pergunta 4:	_____
	_____
	_____
Nomes: _____	_____
Resposta:	_____
	_____
	_____
	_____
	_____

## APÊNDICE D: MATERIAL DE APOIO AO ESTUDO INTRODUTÓRIO DE ONDAS

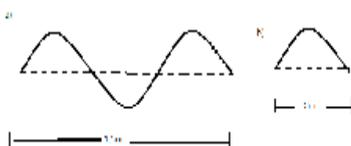
### IEE GENERAL FLORES DA CUNHA

Material de Apoio: Física – Ondas  
Curso Normal- 1º ano – Turma: \_\_\_\_\_

Lista 1: exemplos e exercícios sobre características das ondas

Nome: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

Exemplo 1: Sabendo que as ondas abaixo possuem uma frequência de 10 Hz, determine a velocidade de propagação de cada uma delas.



Exemplo 2: Uma fonte faz uma corda oscilar 10 vezes a cada 5s. Sabendo que a distância entre duas cristas adjacentes é de 2,5 m, determine para as ondas geradas nessa corda:

- A frequência,
- A velocidade de propagação

Fórmulas:

#### Exercícios

1- Desenhe uma onda, identificando na mesma:

a) Amplitude [A] b) Comprimento de onda [λ] c) Vales e Cristas

2- Uma onda com frequência de 10Hz e velocidade de 200m/s propaga-se em uma mola. Qual seu comprimento de onda?

3-O período de uma onda é de 0,5s. Qual a sua frequência?

4- Se uma onda que se propaga na água faz o líquido oscilar para cima e para baixo vinte vezes a cada 2s, e a distância entre cristas adjacentes é de 2 m, responda:

- Qual a sua frequência?
- Qual o seu período?
- Qual a sua velocidade de propagação?

5-Sabendo que uma onda sonora que se propaga no ar tem comprimento de onda de 10m e que sua velocidade de propagação é de 340 m/s, descubra a frequência de oscilação dessa onda.

6- Uma onda com velocidade de 50m/s e frequência de 2 Hz propaga-se em uma corda. Qual o seu comprimento de onda?

7-A distância entre dois vales de uma onda é de 15m, se a frequência dessa onda é de 5 Hz, qual a velocidade de propagação da onda? Qual o período?

8- Uma onda mecânica propaga-se com velocidade de 20 m/s e tem frequência de 10 Hz, qual a distância entre um vale e o próximo vale consecutivo dessa onda?

9-Sabendo que uma onda tem comprimento de onda de 10 metros e que executa 50 oscilações a cada 2 segundos, descubra a velocidade de propagação dessa onda.

10- Classifique como verdadeiro (V) ou falso (F):

- O som é constituído por ondas mecânicas longitudinais.
- As ondas mecânicas propagam-se nos meios sólidos, líquidos e gasosos.
- Uma onda sonora não se propaga no vácuo.
- O som se propaga com velocidade maior que a velocidade da luz.
- Tanto a luz quanto o som são ondas eletromagnéticas.
- Não ocorre transporte de matéria no movimento de propagação de uma onda.
- A distância entre duas cristas de ondas é chamada de amplitude.
- A velocidade de uma onda é constante e independe do meio de propagação.
- O som e a luz são ondas mecânicas e propagam-se também no vácuo.
- Ondas de rádio, micro-ondas, raios X e raios - (gama) têm a mesma natureza da luz visível.
- Todas ondas eletromagnéticas são transversais.
- Uma onda eletromagnética transporta energia elétrica e magnética.

## APÊNDICE E: REPORTAGEM SOBRE ACESSO À SAÚDE NO BRASIL

### BREVE RADIOGRAFIA DO SISTEMA DE SAÚDE BRASILEIRO

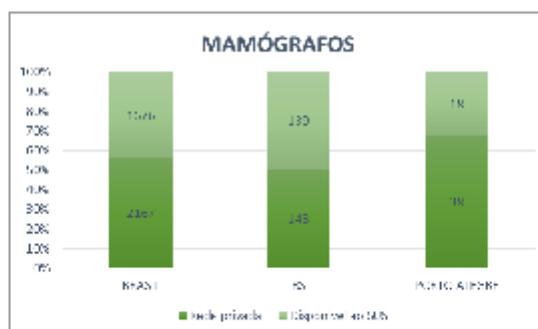
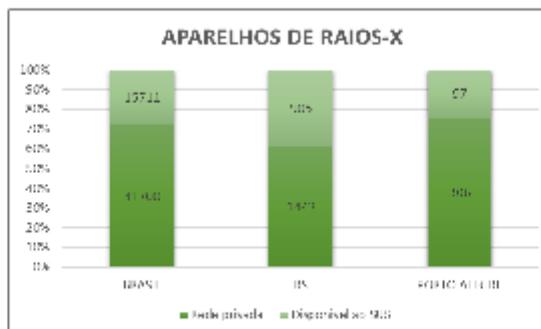
Uma das aplicações mais conhecidas dos Raios X é sem dúvida sua utilização na medicina, e certamente conhecemos muitos dos benefícios que esta tecnologia trouxe para o bem-estar da humanidade. Porém, mesmo tendo sua aplicação difundida desde meados de 1900, grande parte da população não dispõe facilmente desses recursos ao procurarem serviços médicos. Uma breve análise da disponibilidade desses recursos na cidade de Porto Alegre, no estado do Rio Grande do Sul e no Brasil é feita a seguir, utilizando os dados disponibilizados pelo Ministério da Saúde.

Voltando nosso olhar para a cidade de Porto Alegre, dos 403 equipamentos de raios X em uso, apenas 97 estão disponíveis ao SUS, isto corresponde a aproximadamente 24% dos equipamentos disponíveis. Já quando analisamos a disponibilidade de mamógrafos, encontramos uma situação um pouco melhor, aproximadamente 32% dos equipamentos estão disponíveis ao SUS (Sistema único de Saúde).

Quando passamos a analisar a situação do estado do Rio Grande do Sul, nos deparamos com uma situação mais favorável, na qual aproximadamente 38% dos aparelhos de Raios X e 49% dos mamógrafos em uso estão disponíveis ao SUS. Porém, a grande desigualdade no acesso aos cuidados com a saúde torna-se evidente ao analisarmos os dados do país, que apresenta disponíveis ao SUS 43% dos mamógrafos, e apenas 27% dos aparelhos de Raios X. Esses dados evidenciam que a maior parcela dos equipamentos de diagnóstico pertence apenas a rede privada, deixando desamparada grande parte da população. Esta análise está baseada nos dados publicados pelo Ministério da Saúde, referentes ao ano de 2010. Essa base de dados pode ser acessada através do site do Ministério da Saúde (<http://portal.saude.gov.br/>), onde estão disponíveis os dados do país, por regiões, estados e municípios.

Podemos perceber, que apesar dos inúmeros avanços da aplicação dessa tecnologia na saúde, estes recursos ainda não estão disponíveis a maior parte da população. A falta de acesso a esses equipamentos, tanto para diagnóstico, quanto para tratamento, certamente contribui para que o estado do Rio Grande do Sul, segundo dados da Fundação de Economia, ocupe a 3ª colocação no país, devido a taxa de mortes por câncer de mama entre as mulheres com mais de 20 anos.

**Convite a reflexão: O que podemos fazer para mudar esse quadro?**



#### Referências

Ministério da Saúde: Cadernos de Informação de Saúde Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/tabdata/cadernos/cadernosmap.htm?saude=http%3A%2F%2Ftabnet.datasus.gov.br%2Ftabdata%2Fcadernos%2Fcadernosmap.htm&obi=%24VObi&botaook=OK#cadernos>

Acesso em 07/09/2016

Jornal Correio do Povo, p. 18, de 12 de outubro de 2016.

## APÊNDICE F: ORIENTAÇÕES DRAMATIZAÇÃO

## IEE GENERAL FLORES DA CUNHA

## TRABALHO DE FÍSICA – TEATRO -1º ANO- 3º TRIMESTRE

Após a formação do grupo, vocês devem elaborar uma dramatização de um programa, que poderá ser do tipo entrevista jornalística, programa de auditório, debate ou outros. Nesse cenário hipotético, personagens históricos deverão interagir com personagens da atualidade, sugiro que participem os seguintes personagens:

- a) Wilhelm Konrad Röntgen (personagem histórico): abordará a descoberta dos raios X; \_\_\_\_\_
- b) Max von Laue (personagem histórico): fará a explicação teórica da formação dos raios X; \_\_\_\_\_
- c) Um (a) médico (a) (personagem da atualidade) que deverá abordar as aplicações médicas dos raios X; \_\_\_\_\_
- d) Um (a) físico (a) (personagem da atualidade) que abordará os riscos relacionados à exposição radiológica e à necessidade de proteção; \_\_\_\_\_
- e) Um (a) representante de uma ONG de apoio aos pacientes com câncer que abordará a situação atual das pessoas com câncer e os serviços públicos disponibilizados; \_\_\_\_\_
- f) Um repórter/apresentador, que deverá mediar a discussão.  
\_\_\_\_\_

A dramatização poderá ocorrer utilizando diferentes estratégias como: encenação, teatro de fantoches, teatro de sombras, vídeos, entre outras. A escolha da estratégia a ser utilizada para a representação, ficará a critério do grupo. Assim, os personagens devem interagir conforme o formato de encenação escolhido, abordando a descoberta e a formação dos raios X, riscos e benefícios da exposição à radiação e aspectos sociais relacionados à utilização das radiações.

Data da apresentação do trabalho: \_\_\_\_\_

## APÊNDICE G: AVALIAÇÃO ESCRITA

CENTRO DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES GENERAL FLORES DA CUNHA  
CURSO NORMAL – FÍSICA – 1º ANO – 3º TRIMESTRE  
ATIVIDADE AVALIATIVA SOBRE RADIAÇÕES

NOME \_\_\_\_\_ Turma: 11N Data: \_\_\_\_\_

Instruções: Responda as questões a seguir de forma clara. É livre à consulta ao material de apoio utilizado em aula e as suas anotações.

Bom trabalho!

- 1- O que são ondas mecânicas? Cite três exemplos.

---

---

- 2- O que são onda eletromagnéticas? Cite três exemplos.

---

---

- 3- Como ocorre a interferência entre ondas?

---

---

---

- 4- A qual grandeza está relacionada a unidade Hertz? Explique o que essa grandeza representa.

---

---

- 5- Explique como os elétrons estão dispostos nos átomos.

---

---

- 6- Explique, utilizando exemplos o significado da afirmação "a energia de um sistema é quantizada".

---

---

---

---

- 7- O que são os raios gama?

---

---

- 8- Explique o que é o íon e como ele pode ser formado.

---

---

---

---

- 9- Cite três aplicações dos raios x.

---

---

---

10- Cite dois problemas que a exposição à radiação pode causar nos seres humanos.

---

---

11- Cite dois benefícios que a exposição à radiação acarreta aos seres humanos.

---

---

12- Durante o processo de formação de raios X em um tubo, o que pode acontecer com os elétrons ao se chocarem com o ânodo?

---

---

---

---

13- Quais são as diferentes formas de raios-X?

---

---

14- O que significa a expressão radiação de "Bremsstrahlung" e como ela origina-se no processo de formação de raios-X?

---

---

---

---

15- O que seria um fármaco? Qual sua importância (aplicação)?

---

---

16- Explique com suas palavras como ocorre o processo de formação dos raios-X.

---

---

---

---

---

17- Em sua campanha política, um candidato a vereador propôs um projeto de lei que proibi a exposição da população a qualquer nível de radiação, em prol do bem-estar e segurança da população. Esse candidato ganharia seu voto? Justifique.

---

---

---

---

---

---

---

ANEXO 1: PRODUTO EDUCACIONAL

UMA ABORDAGEM DO TEMA ESTRUTURANTE “MATÉRIA E RADIAÇÃO” NA  
EDUCAÇÃO BÁSICA: A BUSCA DA CRITICIDADE NA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA.

Ghisiane Spinelli Vargas

Neusa Teresinha Massoni

Cilâine Verônica Teixeira

## SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO .....	152
REFERENCIAL TEÓRICO .....	154
PLANEJAMENTO .....	159
ENCONTRO 1: O QUE TEM NA CAIXA? .....	161
ENCONTRO 2: ARTIGO SOBRE RAIOS X (PRIMEIRA LEITURA).....	163
ENCONTRO 3: ONDAS, CONCEITOS INTRODUTÓRIOS.....	167
ENCONTRO 4: ONDAS, CONCEITOS E RELAÇÕES MATEMÁTICAS.....	170
ENCONTRO 5: FORMAÇÃO DOS RAIOS X.....	174
ENCONTRO 6: FORMAÇÃO DOS RAIOS X – CONTINUAÇÃO.....	176
ENCONTRO 7: RETOMADA DA FORMAÇÃO DOS RAIOS X.....	178
ENCONTRO 8: PROTEÇÃO RADIOLÓGICA, FORMAÇÃO DA CRITICIDADE.....	181
ENCONTRO 9: DRAMATIZAÇÃO SOBRE MATÉRIA E RADIAÇÃO .....	184
ENCONTRO 10: ENTRANDO EM CENA!.....	188
CONCLUSÃO.....	190
REFERÊNCIAS.....	191

## APRESENTAÇÃO

Prezado professor:

Neste trabalho apresentamos uma estratégia didática baseada na pedagogia de Paulo Freire que foi pensada para o Curso Normal com o objetivo de promover uma aprendizagem significativa de um tópico de Física Moderna e Contemporânea e, também, com o propósito de tornar essa aprendizagem da Física um momento de reflexão e apreensão de conceitos científicos articulados, em boa medida, com o cotidiano das pessoas. A ideia é fazer com que os futuros professores das séries iniciais do Ensino Fundamental sintam-se preparados e motivados a discutir temas científicos com seus estudantes.

Boa parte da dinâmica de sala de aula discutida neste trabalho gira em torno de leituras, interpretações, aprofundamentos e discussões a respeito de conceitos científicos reunidos em um texto que foi escrito especialmente para a aplicação, na escola, desta proposta. Posteriormente o texto foi publicado em formato de artigo sob o título: *Raios X: um tema instigante para a introdução da Física Moderna e Contemporânea na sala de aula do ensino básico*. O artigo não é aqui reproduzido para não estender demais o texto, mas pode ser facilmente obtido a partir do site da revista em que se encontra publicado<sup>1</sup>.

A dinâmica segue, em grandes linhas, uma estratégia que leva em conta elementos da pedagogia freireana, conhecida na literatura nacional como os “três momentos pedagógicos (3MP)” (DELIZOICOV, 2008), amplamente utilizados no ensino de ciências (por exemplo, ver CARMELLO, ZANOTELLO, PIRES, 2014). Esses três momentos pedagógicos são: 1) problematização inicial; 2) organização do conhecimento e 3) aplicação do conhecimento.

Como problematização inicial sugerimos ao professor a utilização da atividade “o que tem na caixa?” que é descrita em detalhes no Plano de Aula 1 deste texto, que foi muito bem aceita pelos estudantes (em nossa aplicação) por afastar-se do rito tradicional de sala de aula, por despertar reflexões iniciais em grande grupo e por ter-se mostrado uma forma eficiente de fazê-los expressar seus conhecimentos, dúvidas e concepções sobre o tema proposto para estudo.

O segundo momento (Organização do conhecimento) começa com uma leitura inicial do artigo *Raios X: um tema instigante para a introdução da Física Moderna e Contemporânea na sala de aula do ensino básico*. Os estudantes são avisados, para evitar a angústia, que o objetivo é tomar contato com o texto, anotar palavras, expressões, conceitos desconhecidos e formular questões sempre que achem necessário. Na sequência de encontros esses conceitos e teorias científicas que embasam a produção de raios X são sistematizados e aprofundados pelo docente, assim como atividades diversificadas (por exemplo, releitura do artigo, construção de mapas conceituais, trabalhos em grupos, etc.) são propostas com o intuito de facilitar o entendimento dos estudantes e trabalho de mediação do docente. Todo esse processo envolve várias aulas (encontros) e tudo isto é apresentado na sequência de Planos de Aula que constitui o cerne deste texto.

---

<sup>1</sup> O artigo utilizado como base para a dinâmica aqui apresentada é de mesma autoria do presente Texto de Apoio ao Professor de Física e pode ser obtido a partir do site: [http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo\\_ID349/v12\\_n2\\_a2017.pdf](http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID349/v12_n2_a2017.pdf); TEIXEIRA, C. V.; MASSONI, N. T.; VARGAS, G. S. Raios X: um tema instigante para a introdução da Física Moderna e Contemporânea na sala de aula do Ensino Básico. *Experiências em Ensino de Ciências*, vol. 12, n. 2, p. 80-93, 2017.

Por fim, o terceiro momento pedagógico chamado “Aplicação do conhecimento”, consiste em propor uma atividade que é desenvolvida e apresentada pelos estudantes com o objetivo de verificar a capacidade e a potencialidade de externalizarem o nível de conscientização dos conceitos e teorias científicas. Em nossa aplicação sugerimos que os grupos planejassem uma dramatização (uma peça teatral) que incluísse discussões sobre os perigos e os benefícios do emprego dos raios X na vida moderna. Em outras palavras a problematização inicial é retomada, agora com maior domínio dos conceitos científicos. Este também é um momento de complementar explicações ou aclarar entendimentos sempre que o docente detecta essa necessidade. Em nossa aplicação a dramatização mostrou ser uma estratégia muito útil para revisar os conhecimentos adquiridos pelos estudantes, mas também como forma de repensar o cotidiano e sua relação com as tecnologias (que envolvem os raios X) e que estão, indubitavelmente, presentes na vida moderna. Esta atividade final é apresentada nos Planos de Aula 9 e 10, mas é importante destacar seu caráter flexível de forma que os professores podem utilizar e aprimorar seu uso. Acreditamos que é uma ferramenta com excelente potencial para gerar reflexões, consciência crítica e canaliza ações para uma transformação social.

Tudo o que aqui é apresentado alinha-se, como já mencionado, às ideias do educador e pensador brasileiro Paulo Freire. As ideias freireanas são tomadas como referencial teórico desta proposta e são apresentadas no item que se segue, de forma tão breve e tão clara quanto possível.

O material desenvolvido é fruto da aplicação do projeto de Mestrado Profissional em Ensino de Física em uma turma do primeiro ano do Curso Normal, o relato desta experiência, bem como os materiais de apoio utilizados estão disponíveis na dissertação. Mas é importante esclarecer que embora a proposta tenha sido pensada para trabalhar alguns conceitos de Física Moderna e Contemporânea no Curso Normal, na esperança de preparar os futuros professores das séries iniciais a abordarem em suas próprias aulas alguns temas de Física articulados com a vida cotidiana, isto não obsta que esta mesma dinâmica, ou suas partes, seja utilizada em salas de aula do Ensino Médio regular e no Ensino Fundamental, adequando-se o nível de profundidade das discussões para atender aos diferentes contextos.

## REFERENCIAL TEÓRICO

### *Pedagogia de Paulo Freire*

O referencial teórico deste trabalho é a pedagogia de um dos mais influentes educadores do século passado e, certamente, o mais influente educador brasileiro, Paulo Freire. Marcada por uma visão humanista a Pedagogia de Paulo Freire, cujo livro mais conhecido é “Pedagogia do Oprimido” (FREIRE, 2000), coloca seu foco no aluno, no seu contexto vivencial e na transformação social através da conscientização e da criticidade.

Seu método de trabalho foi muito original, seus trabalhos com os *Círculos de Cultura*, nos anos 50, e de alfabetização de adultos repercutiram internacionalmente. Estando à frente do Programa Nacional de Alfabetização de Adultos, do Ministério da Educação, Freire e sua equipe da Universidade do Recife planejaram o funcionamento no Brasil de mais de vinte mil *Círculos de Cultura* na etapa de alfabetização, que alfabetizariam adultos em um curto espaço de tempo (em torno de dois meses). Na perspectiva de Freire, nessa época, a sociedade brasileira encontrava-se em uma fase de transição e era preciso repensar a educação, de forma que esta “tratasse de ajudar o homem brasileiro em sua emersão e o inserisse criticamente no seu processo histórico. Educação que por isso mesmo libertasse pela conscientização” (FREIRE, 2016, p.90).

Freire fomentou uma educação baseada na humanização e na conscientização do ser humano frente à sua realidade e seu papel de agente transformador da mesma. Com este intuito, segundo Freire, para formarmos educandos críticos e autônomos, devemos nos opor ao sistema de educação bancária, no qual o aluno desempenha um papel passivo, de mero receptor do conhecimento e valores transmitidos pelo professor. A educação bancária, que tem sido perpetuada por muito tempo em nossas escolas, foi altamente criticada por Freire por percebê-la como “o ato de depositar, de transferir, de transmitir valores e conhecimentos” (FREIRE, 2000, p.59).

Em tal sistema, o professor é quem desempenha um papel atuante, central e de detentor do conhecimento, “é o que educa, o que sabe, o que pensa, o que diz a palavra, o que disciplina e identifica a autoridade do saber com sua autoridade funcional” (Ibid., p.59). Ao educando, cabe apenas o papel de mero receptor e observador desse processo, “é aquele que não sabe, não escolhe, escuta docilmente, que segue a prescrição, que deve ser educado e disciplinado” (Ibid., p.59). Tal prática pedagógica não vê o educando como um ser integral, com sentimentos e história, e desvaloriza seus conhecimentos, sua cultura, sentimentos e capacidade de interagir com mundo.

Ao refletirmos sobre os métodos da educação tradicional, somos levados pensar em alternativas para que nossa prática pedagógica busque alcançar uma formação integral dos estudantes, através da organização reflexiva dos seus pensamentos e do desenvolvimento da sua criticidade. Freire sugere que pensemos “a. Num método ativo, dialógico, crítico e criticista. b. Na modificação do conteúdo programático da educação” (FREIRE, 2016, p. 93).

A partir das premissas “a” e “b” apresentadas anteriormente e da assunção do princípio de que “ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua própria produção ou a sua construção” (FREIRE, 2007, p.47), pensamos uma estratégia que centrasse o ensino no educando, em que este pudesse se reconhecer como agente da sua educação, pois do contrário, “quanto mais lhes imponha passividade, tanto mais ingenuamente, em lugar de transformar, tendem a adaptar-se ao mundo, à realidade parcializada dos depósitos recebidos” (FREIRE, 2000, p.60).

Nessa linha, uma estratégia que leva em consideração elementos da perspectiva freireana é conhecida como os “três momentos pedagógicos (3MP)” (DELIZOICOV, 2008); contempla três etapas, ou momentos, assim denominados: 1) *Problematização Inicial* é o momento em que são apresentadas problematizações partindo de temas contextuais e significativos para os estudantes, que suscitem discussões e permitam que eles expressem seus conhecimentos, ideias, opiniões a respeito das problematizações lançadas. O objetivo é realizar um distanciamento crítico em relação às discussões propostas, fazendo com que percebam a necessidade de aquisição de novos conhecimentos. 2) *Organização do conhecimento*, é o momento em que o professor sistematiza e aprofunda os conteúdos e conceitos envolvidos e propõe atividades que julga pertinentes para facilitar seu trabalho de mediador dos conceitos científicos identificados como necessários para a interpretação científica das problematizações iniciais; 3) *Aplicação do conhecimento*, é o momento de verificar a capacidade e a potencialidade dos estudantes de externalizarem o nível de conscientização dos conceitos e teorias científicas; de corrigir e complementar ideias que não ficaram claras e de retomar as problematizações iniciais e propor diálogos e atividades que envolvam argumentação e expressem a capacidade crítica de tomar decisões que levam em conta o conhecimento adquirido.

Para Freire, o cerne do fazer pedagógico está na busca da conscientização em relação à sua realidade através da problematização da mesma. Ele assume que somos seres políticos e sociais, e que assim como o conhecimento, o momento histórico ao qual pertencemos é fruto das interações do ser humano com outros seres humanos e destes com o mundo. A necessidade dessa intervenção em nosso tempo surge devido às inúmeras injustiças e desigualdades presentes em nossa sociedade.

Ao trabalharmos com uma educação dialógica e problematizadora, estaremos ampliando as possibilidades de construção do conhecimento e valorizando os conhecimentos sociais e culturais do educando, especialmente quando partimos da problematização de temas ou palavras geradoras.

Os temas geradores, “*se chamam geradores porque, qualquer que seja a natureza de sua compreensão, como a ação por eles provocada, contêm em si a possibilidade de desdobrar-se em outros tantos temas, que por sua vez, provocam novas tarefas que devem ser cumpridas*” (FREIRE, 2000, p. 93).

Destacamos, entretanto, que nesta proposta o tema Raios X, matéria e radiação não surge de uma investigação temática autêntica dado que é proposto aos educandos, mas é inspirado na noção de “tema gerador freireano” porque há a preocupação de abri-lo em outros temas, implicações e usos dos raios X, bem como cuidados com a saúde, etc.

Para Freire (2000), partindo da situação concreta na qual estão inseridos, e que com frequência ingenuamente creem ser imutável, os oprimidos, ao desvelar e problematizar sua realidade, podem transformá-la.

O segundo momento pedagógico, conhecido na literatura nacional como “Organização do Conhecimento”, no qual pensamos o uso de diferentes abordagens está em sintonia com a noção freireana de inacabamento do ser humano. Devido às interações com o mundo e com outras pessoas, sempre que aprendemos algo, colocamos nossa visão de mundo, nossas crenças e atuamos sobre o que estamos aprendendo (e ensinando), modificando, reinterpretando e, assim, reconstruindo o nosso conhecimento como seres históricos e sociais que somos.

Freire afirma que:

Mulheres e homens, somos os únicos seres que, social e historicamente, nos tornamos capazes de apreender. Por isso, somos os únicos em quem aprender é uma aventura criadora, algo, por isso mesmo, muito mais rico do que meramente repetir a *lição dada*. Aprender para nós é construir, reconstruir, constatar para mudar, que não se faz sem abertura ao risco e à aventura do espírito (FREIRE, 2007, p. 69).

Quando assumimos em nossa prática a premissa que “Ensinar exige a convicção de que a mudança é possível”, alinhamo-nos às ideais Freire de que podemos desempenhar um projeto educacional libertador apenas se realmente acreditamos na educação como forma de mudança social.

Se, de um lado, não posso me adaptar ou me converter ao saber ingênuo dos grupos populares, de outro, não posso, se realmente progressista, impor-lhes arrogantemente o meu saber como *verdadeiro*. O diálogo em que se vai desafiando o grupo popular a pensar sua história social como a experiência igualmente social de seus membros, vai revelando a necessidade de superar certos saberes que, desnudados, vão mostrando sua “incompetência” para explicar os fatos. (*Ibid.*, p.81)

Outro princípio freireano é que “Ensinar exige curiosidade”, a curiosidade é uma característica inata aos seres humanos, devemos, educandos e educadores, interagir de forma a permitir a curiosidade, a busca conjunta por perguntas e respostas. Para fomentá-la é essencial “estimular a pergunta, a reflexão crítica sobre a própria pergunta, o que se pretende com esta ou com aquela pergunta em lugar da passividade em face das explicações discursivas do professor [...]” (*Ibid.*, p.86).

Para que o ensinar-aprender não caia no simplismo da curiosidade ingênua, da pergunta pela pergunta devemos ser “epistemologicamente curiosos” (idem), isto é, ir além da pergunta ingênua é descobrir novos sentidos para as palavras cotidianas, sentidos que surgem no diálogo reflexivo. O professor é um dos agentes do processo de ensinar-aprender, e precisa procurar o equilíbrio entre a autoridade e a liberdade. Assim, uma consideração importante sobre a comunicação em sala de aula:

A dialogicidade não nega a validade de momentos explicativos, narrativos em que o professor expõe ou fala do objeto. O fundamental é que professor e alunos saibam que a postura deles, do professor e dos alunos, é dialógica, aberta, curiosa, indagadora e não apassivada, enquanto fala ou enquanto ouve. (*Ibid.*, p.86)

Em nossa prática didática, para vencermos prazos e conteúdos, muitas vezes esquecemos ou não nos permitimos experimentar o diálogo verdadeiro e perdemos a essência da comunicação. Por isso é importante internalizar o hábito de escutar ao outro, com a devida atenção, do respeito e humildade, pois, “o educador que escuta aprende a difícil lição de transformar o seu discurso, às vezes necessário, ao aluno, em uma fala com ele” (FREIRE, 2007, p.113). Para que ocorra a comunicação, devemos considerar as diferentes formas de linguagem.

Na abertura ao diálogo em suas diversas formas, estaremos vivenciando o “terceiro momento pedagógico” que se refere a aplicação do conhecimento; ao propormos diferentes atividades aos educandos capacitaremos os mesmos para que utilizem o conhecimento científico, voltando à problematização inicial, com um novo olhar. Um olhar agora pelo viés científico, mais consciente e crítico.

Freire nos leva a refletir sobre a importância do que ensinamos e sobre o papel do professor no “terceiro momento pedagógico”, aos escrever:

Na verdade, meu papel como professor ao ensinar o conteúdo a ou b, não é apenas o de me esforçar para, com clareza máxima, descrever a substantividade do conteúdo para que o aluno o fixe. Meu papel fundamental, ao falar com clareza sobre o objeto, é incitar o aluno a fim de que ele, com os materiais que ofereço, produza a compreensão do objeto em lugar de recebê-la, na íntegra, de mim. Ele precisa se apropriar da inteligência do conteúdo para que a verdadeira relação de comunicação entre mim, como professor, e ele, como aluno se estabeleça. (*Ibid.*, p. 118).

A Pedagogia de Freire que embasa esta proposta é tomada como um aporte teórico adequado para o planejamento das aulas de Física no Curso Normal. Cremos que com base em suas ideias (sistematizadas na Figura 1) não apenas poderemos contribuir para a discussão e apreensão de conceitos científicos, mas principalmente, teremos oportunidade de alcançar uma formação integral desses(as) que são futuros(as) professores(as), aproximando o discurso da prática na busca de uma educação libertadora e humanizadora.

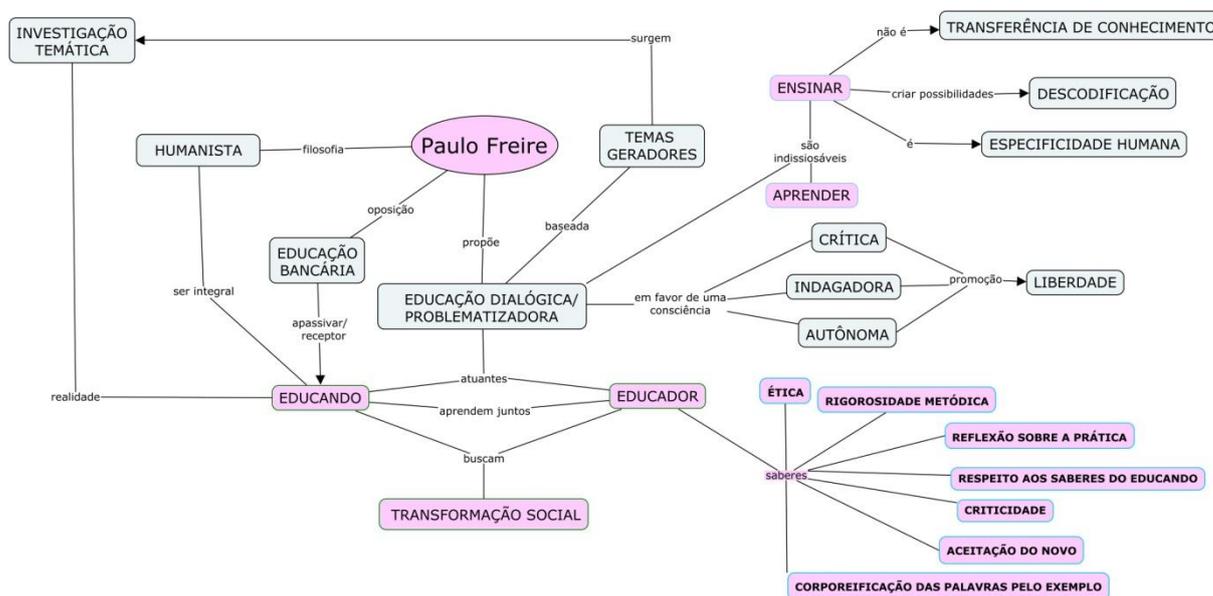


Figura 1: Mapa conceitual das principais ideias de Paulo Freire.  
Fonte: a primeira autora.

### Freire nos ensina que:

Educar e educar-se, na prática da liberdade, não é estender algo desde a “sede do saber”, até a “sede da ignorância” para “salvar”, com este saber, os que habitam nesta.

Ao contrário, educar e educar-se, na prática da liberdade, é tarefa daqueles que sabem que pouco sabem – por isto sabem que sabem algo e podem assim chegar a saber mais – em diálogo com aqueles que, quase sempre, pensam que nada sabem, para que estes, transformando seu pensar que nada sabem em saber que pouco sabem, possam igualmente saber mais (FREIRE, 1985, p.25).

Em suma, a pedagogia de Freire remete-nos aos círculos de cultura, às discussões em grupos, à ideia de palavras e temas geradores e, desta forma, pretendemos que um tópico da Física Moderna e Contemporânea – Raios X, matéria e radiação – possa ser tomado como sendo relevante aos futuros professores no sentido de incentivá-los a abordarem, em suas próprias aulas, temas científicos de interesse social associados.

Paulo Freire na obra "Pedagogia do Oprimido" diz que se pode representar essa investigação em "círculos concêntricos". Os temas envolvem o que ele chama de "situações-limite" e estas implicam a existência do opressor, aquele a quem o oprimido "serve", "nega, "freia". A investigação temática resulta em temas que são "temas geradores" (qualquer que seja a natureza de sua compreensão) e, segundo o autor, "é importante enfatizar que o tema gerador não se encontra nos homens isolados da realidade, nem tampouco na realidade separada dos homens. Só pode ser compreendido nas relações homens-mundo" (*Ibid.*, p. 98).

Assim, a ideia dos círculos concêntricos é que se parta do mais geral ao mais particular; nos círculos menores estão as situações-limite, as diversificações, as subáreas, as unidades específicas. Partindo, então, de situações cotidianas da vida do educando, baseadas no "mundo que impressiona e desafia a uns e a outros, originando visões ou pontos de vista sobre ele" (*Ibid.*, p. 84), e as quais correspondem as bases para pensarmos os conteúdos programáticos para nos dirigimos às situações limites. Uma representação em círculos da proposta é apresentada na Figura 1, que é apresentada na sequência.

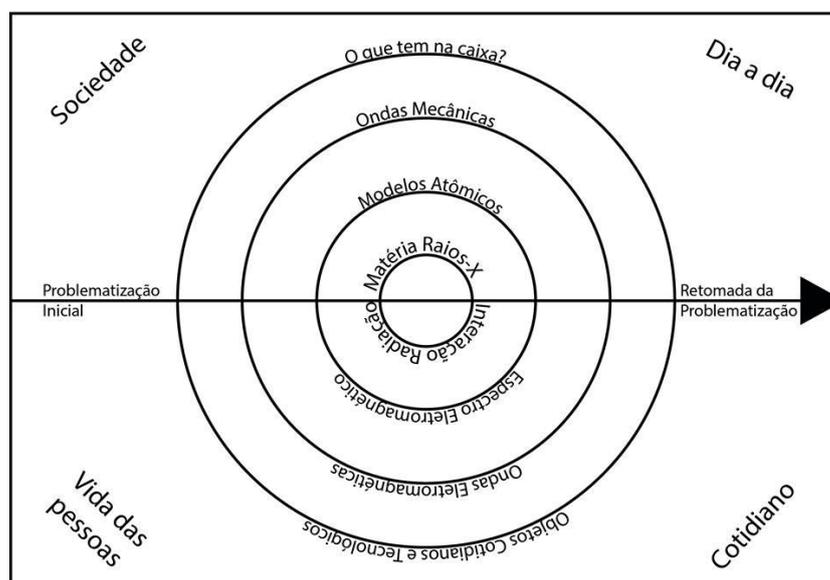


Figura 2: Representação em círculos do desenvolvimento da proposta pedagógica a partir da sugestão de Paulo Freire.

Fonte: a primeira autora.

Para Freire, a compreensão crítica só vem quando o aprendiz é capaz de tomar os pedaços, as partes, as unidades, os conceitos específicos e reconhecer a interação que constitui o todo. A ideia, então, é partir de uma visão geral para os elementos mais particulares e voltar à totalidade, agora com mais clareza. Assim ocorre o processo de "descodificação" que "promove o surgimento da nova percepção e o desenvolvimento de novo conhecimento" (*Ibid.*, p. 110).

Por fim, é importante reafirmar que utilizamos elementos da pedagogia freireana sucintamente abordados no presente capítulo para planejarmos e uma sequência didática que é apresentada na sequência deste produto educacional.

## PLANEJAMENTO

A dinâmica apresentada nesta sequência didática, como dito, inspira-se fortemente na pedagogia e no trabalho de Paulo Freire com os círculos de leitura, em que os temas eram debatidos e emergiam dessa interação com os grupos sociais. A proposta aqui apresentada, como já dito, não segue estritamente essa perspectiva porque o tema que serve de “fio condutor” para todo o módulo é proposto pelo educador. Mas isto está de acordo com a sugestão de Freire frente às dificuldades de realizar uma investigação temática prévia, pois o autor sugere que “com um mínimo de conhecimento da realidade, podem os educadores escolher alguns temas básicos que funcionariam como “codificações de investigação” (FREIRE, 2000, p.118). O objetivo aqui é introduzir a temática “matéria e radiação”, e a partir dela desenvolver o programa didático visando discutir conceitos científicos relacionados e refletir criticamente sobre suas implicações na vida social moderna.

No Quadro 1 que se segue, apresentamos uma visão geral da intervenção didática proposta.

Quadro 1: mostra a sequência da intervenção didática proposta.

	Tempo	Tema	Objetivos de ensino
Encontro 1	2 h-a	O que tem na caixa?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Propiciar um diálogo inicial para levantamento dos conhecimentos, dúvidas e interesses dos alunos a respeito do tema “Matéria e Radiação” e, assim, iniciar a problematização do tema;</li> <li>- Apresentar e introduzir a utilização da ferramenta mapas conceituais;</li> <li>- Construir um mapa conceitual coletivo dos conceitos iniciais acerca do tema “Matéria e Radiação” a partir de objetos do cotidiano e suas representações.</li> </ul>
Encontro 2	2 h-a	Artigo sobre Raios X	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Propiciar um contato inicial com alguns conceitos de Ondulatória e Física Moderna (matéria e raios X);</li> <li>- Propiciar a aproximação do educando com a linguagem científica;</li> <li>- Fomentar a elaboração pelos alunos de questões sobre o tema como forma de subsidiar a discussão do texto de apoio sobre ondas utilizado na aula quatro.</li> </ul>
Encontro 3	2 h-a	Ondas: conceitos introdutórios	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Subsidiar a formalização dos conceitos relativos ao estudo de ondas, tipos, características e classificação;</li> <li>- Propiciar aos estudantes a aproximação com a linguagem científica.</li> </ul>
Encontro 4	2 h-a	Ondas: conceitos e relações matemáticas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Propiciar situações nas quais os estudantes pudessem relacionar e aplicar os conceitos sobre ondas abordados e debatidos;</li> <li>- Formalizar a relação matemática entre velocidade, frequência e comprimento de onda.</li> </ul>
Encontro 5	2 h-a	Formação dos Raios X	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistematizar e formalização dos conceitos referentes à produção dos raios X;</li> <li>- Fomentar a percepção e compreensão do caráter histórico e social na produção do conhecimento científico, bem como sua disseminação e utilização pela sociedade;</li> </ul>

Encontro 6	2 h-a	Formação dos Raios X	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fomentar a percepção e compreensão do caráter histórico e social na produção do conhecimento científico, bem como sua disseminação e utilização pela sociedade;</li> <li>- Incitar reflexões acerca da disponibilização e acesso da população em geral aos benefícios advindos da utilização dos raios X na área médica;</li> <li>- Construir um mapa conceitual acerca do tema “Raios X” a partir da leitura do texto de apoio oferecido aos estudantes (artigo) e dos debates promovidos em aula.</li> </ul>
Encontro 7	2 h-a	Retomada da formação dos Raios X	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Propiciar uma análise dialógica e problematizada dos mapas conceituais elaborados pelos estudantes e dos conceitos relativos à formação dos raios X;</li> <li>- Oferecer situações nas quais os estudantes pudessem relacionar e aplicar os conceitos sobre ondas, bem como as relações matemáticas envolvidas no seu estudo;</li> <li>- Incentivar a autonomia e a criticidade através da apropriação e discussão dos conhecimentos científicos relativos ao tema Matéria e Radiação para a elaboração da dramatização.</li> </ul>
Encontro 8	2 h-a	Proteção Radiológica	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Promover um debate crítico sobre os riscos e benefícios da exposição à radiação, seus efeitos biológicos, bem como as medidas de proteção;</li> <li>- Oferecer aos estudantes um momento de reflexão sobre os raios X, sua formação, seus riscos e benefícios e os aspectos sociais e culturais relacionados a sua utilização.</li> </ul>
Encontro 9	2 h-a	Dramatização: matéria e radiação: conclusão da elaboração	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Retomar a reflexão sobre os raios X, sua formação, seus riscos e benefícios e os aspectos sociais e culturais relacionados a sua utilização;</li> <li>- Subsidiar a preparação de uma dramatização que envolvesse os conceitos estudados e também aspectos históricos associados à “descoberta”, avanço e uso dos raios X;</li> <li>- Incentivar a autonomia e a criticidade através da apropriação e discussão dos conhecimentos científicos.</li> </ul>
Encontro 10	2 h-a	Apresentação das Dramatizações: Entrando em cena!	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Envolver os educandos em um momento de reflexão sobre os raios X, sua formação, seus riscos e benefícios e os aspectos sociais e culturais relacionados a sua utilização, através da apropriação pelos educandos dos conhecimentos científicos, enfatizando os aspectos históricos e sociais na sua construção;</li> <li>- Auxiliar os educandos (futuros professores) a compreenderem seu papel como mediadores do conhecimento e agentes transformadores da realidade.</li> </ul>

Fonte: a primeira autora.

Na sequência, são apresentadas com mais detalhes as dinâmicas de cada encontro, e são sugeridos os materiais de apoio a serem utilizados, como textos e vídeos.

## ESTRUTURAÇÃO DAS AULAS

Nesta seção descrevemos um a um os dez encontros através de uma arquitetura muito próxima de planos de aula e indicamos materiais, atividades, exercícios e discussões que tornam as aulas atrativas, dinâmicas e proveitosas para o aprendizado dos educandos e também permitem discussões críticas e reflexivas.

### ENCONTRO 1: O QUE TEM NA CAIXA?

#### Plano de Aula do Encontro 1:

**Tempo previsto: 100 minutos**

#### Conteúdo:

- Matéria, radiação e suas interações.

**Objetivos de aprendizagem:** oferecer condições para que o aluno consiga:

- Refletir seus conhecimentos e crenças a respeito do tema “matéria e radiação e suas interações”;
- Reconhecer conceitos fundamentais associados ao tema em estudo;
- Traçar mapa conceitual a partir da discussão dos objetos retirados da caixa (relacionados ao tema);
- Compartilhar ideias;
- Negociar argumentos sobre um tópico da Física de interesse social.

#### Recursos:

- Papel pardo;
- Uma caixa grande;
- Material de uso comum (canetinhas coloridas e/ou pincel atômico, fita para fixar o cartaz);
- *Objetos da caixa:* uma radiografia, um protetor solar, uma miniatura de um aparelho de micro-ondas, um boneco de uma pessoa, um animal de pelúcia, um aparelho de celular, um aparelho de rádio, um controle remoto, um par de óculos de sol, uma lâmpada incandescente, uma lâmpada fluorescente e uma representação do sol.

#### Referências:

Para saber mais a respeito do uso de Mapas Conceituais sugerimos a leitura do trabalho Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa de Marco Antônio Moreira, disponível em <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf>. Acesso: dezembro, 2017.

### **Atividade inicial**

#### **Sugestões ao professor:**

Organizar a turma disposta em círculo ao redor de um grande pedaço papel pardo e da caixa. Solicitar que, um a um, os objetos sejam retirados pelos estudantes e colocados sobre o papel pardo. Ao retirar o objeto o estudante deve ser estimulado a descrevê-lo, comentar sobre sua utilização no cotidiano e as possíveis relações entre os objetos retirados.

### **Desenvolvimento**

Concluída a retirada dos objetos da caixa, propor questionamentos a respeito dos mesmos, a fim de incentivar os estudantes a refletirem e relatarem semelhanças, diferenças e relações entre os objetos. Através do diálogo estabelecido no grupo, problematizar o tema e sua relação com a realidade, com o objetivo de refletir sobre a vida moderna na qual estão inseridos os estudantes. Ao finalizar a retirada dos objetos e a explosão de ideias, anotar no papel pardo os nomes dos objetos com pincel atômico no lugar onde foram colocados, e escrever as relações (semelhanças e diferenças) entre os mesmos, buscando identificar ligações entre os objetos. A intenção é incentivar a identificação de conceitos relacionados ao tema e suas relações. A fim de facilitar a compreensão do mapa, podem ser traçadas setas para realizar as ligações, quando isto se mostrar necessário. Assim, um mapa conceitual inicial sobre o tema “Matéria e Radiação” terá sido construído coletivamente ao final dessa atividade e será o ponto de partida da discussão do tema.

Importante: Lembrar de reforçar com os estudantes que os objetos são representações, incentivando-os ampliar os conceitos relacionados aquelas representações.

### **Fechamento**

Após a conclusão da construção do mapa conceitual coletivo, sugerimos fixar o mesmo em uma parede da sala e apresentá-lo para a turma, retomando as ligações e conceitos formulados e representados no mapa. Durante a leitura do mapa, o professor pode aproveitar para explicar que as ideias levantadas nessa aula estão relacionadas ao tema “Matéria e Radiação” e aproveitar para introduzir alguns conceitos iniciais.

Cabe ao professor destacar também que a técnica utilizada nessa atividade consiste na construção de mapas conceituais, retomando aspectos importantes dessa ferramenta e esclarecendo que ela pode ser utilizada para trabalhar diferentes

conteúdos em distintos níveis de aprofundamento.

### Comentários Finais

É importante lembrar ao(a) professor(a) que acreditamos, em função de nossa aplicação da proposta, que esta atividade inicial é extremamente relevante para fortalecer e incentivar o diálogo durante as aulas. Observamos que a maioria dos estudantes sente-se empolgada e propensa a contribuir. Ao convidarmos os estudantes a refletirem sobre um objeto/conceito do seu cotidiano e a expressarem para o grupo suas reflexões, estaremos fortalecendo os vínculos entre os envolvidos, valorizando as contribuições individuais e incentivando uma postura mais ativa dos mesmos no andamento das aulas. A atividade facilita a aproximação entre os conteúdos escolares e a realidade dos estudantes, permitindo a problematização da mesma nas aulas de Física, tornando as aulas mais significativas e interessantes.

## ENCONTRO 2: ARTIGO SOBRE RAIOS X (PRIMEIRA LEITURA)

### Plano de Aula do Encontro 2:

**Tempo previsto: 100 minutos**

#### Conteúdo:

- Raios X;
- Ondas.

#### **Objetivos de aprendizagem:** oferecer condições para que o aluno consiga:

- Descrever as principais características das ondas;
- Distinguir diferentes tipos de ondas (ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas; longitudinais e transversais);
- Reconhecer conceitos associados à estrutura da matéria, ondas e radiações, energia, etc.;
- Identificar e selecionar conceitos que ainda não conhecem sobre o tema;
- Negociar significados de conceito científicos.

#### Recursos:

- Cópias impressas do artigo intitulado “Raios X: um tema instigante para a introdução da Física Moderna e Contemporânea na sala de aula do ensino básico”;
- Cópias dos formulários para lista de palavras e elaboração das questões;
- Material de uso comum (caneta, marcador, etc.).

### Referências:

Raios X: um tema instigante para a introdução da Física Moderna e Contemporânea na sala de aula do Ensino Básico”, trata-se de um artigo que foi escrito no primeiro semestre de 2016 pela autora deste trabalho em colaboração com as orientadoras e foi publicado em revista nacional (TEIXEIRA; MASSONI; VARGAS, 2017).

Disponível em: [http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo\\_ID349/v12\\_n2\\_a2017.pdf](http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID349/v12_n2_a2017.pdf).  
Acesso: novembro de 2017.

### Atividade inicial

#### Sugestões ao professor:

Solicitar que os estudantes formem duplas para realizar a primeira leitura do artigo e indicar que durante a leitura destaquem no próprio texto conceitos que lhes pareçam relevantes ou que estão tendo contato pela primeira vez e desconhecem o seu significado (mesmo que o significado seja esclarecido durante a leitura). Explicar a turma que devem preencher o formulário com as palavras/conceitos desconhecidos, para serem debatidas futuramente. A proposta de uso do artigo é que ele possa servir como texto de apoio e material integrador dos conceitos abordados no tema Matéria e Radiação. Caso o professor sinta a necessidade, poderá utilizar o texto intitulado *Uma breve radiografia do sistema de saúde brasileiro* (sugerido para o Encontro 8) como apoio para a problematização do tema.

#### Sugestão da atividade de formulário para listagem de palavras.

Atividade: Leitura e elaboração de lista com palavras sobre artigo RAIOS X: UM TEMA INSTIGANTE PARA A INTRODUÇÃO DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NA SALA DE AULA DO ENSINO BÁSICO

**Instruções:** Durante a leitura do artigo, vocês devem destacar palavras ou expressões novas ou que não conhecem exatamente o seu significado. Listem-as nos espaços abaixo:

1-	13-
2-	14-
3-	15-
4-	16-
5-	17-
6-	18-
7-	19-
8-	20-
9-	21-
10-	22-
11-	23-
12-	24-

### Desenvolvimento

Recolher as listas com as palavras e entregar o formulário para elaboração das perguntas sobre o texto. Solicitar que cada dupla elabore quatro questões sobre o artigo lido. Destacar que a escolha dos itens para elaboração das perguntas ficará a critério das duplas e reforçar junto aos estudantes que as perguntas podem ter diferentes graus de complexidade, e que não devem se preocupar com a aparente simplicidade das questões elaboradas. As questões não precisam ser respondidas pela dupla durante a elaboração.

**Sugestão da atividade de Formulário para elaboração das perguntas.**

Atividade: Leitura e elaboração de perguntas sobre o artigo RAIOS X: UM TEMA INSTIGANTE PARA A INTRODUÇÃO DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NA SALA DE AULA DO ENSINO BÁSICO

Nomes: \_\_\_\_\_

Pergunta 1:

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Nomes: \_\_\_\_\_

Resposta:

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Nomes: \_\_\_\_\_

Pergunta 2:

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Nomes: \_\_\_\_\_

Resposta:

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Nomes: \_\_\_\_\_

Pergunta 3:

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Nomes: \_\_\_\_\_

Resposta:

\_\_\_\_\_

<hr/> <hr/>
Nomes: _____ Pergunta 4: _____ _____ _____ _____ Nomes: _____ Resposta: _____ _____ _____ _____

Observação: Esta sugestão de formulário foi elaborada visando à possibilidade da retomada das mesmas em uma atividade subsequente na qual as questões podem ser cortadas e sorteadas entre os estudantes para serem respondidas usando o artigo.

### Fechamento

Após a conclusão do debate sobre o significado das palavras questione o grupo sobre a experiência da leitura de um artigo e os incentive a compartilhar suas sensações.

### Comentários Finais

Caro(a) professor(a), algumas vezes os estudantes podem revelar rejeição à atividade de leitura, pois, em geral, não estão habituados a este tipo de tarefa, e podem demonstrar descontentamento e desinteresse na realização da mesma. É relevante circular entre os grupos e destacar a importância das atividades de leitura, fazendo questionamentos sobre alguns tópicos do texto e incentivando-os a participarem. O hábito à leitura de textos científicos mais longos é indiscutivelmente importante na alfabetização científica e esta é uma habilidade que precisa ser desenvolvida e incentivada com paciência, mesmo junto a estudantes do Ensino Médio. Dessa forma, acreditamos que a utilização da leitura (e releitura) do artigo nas próximas atividades colabora para o desenvolvimento desta habilidade.

## ENCONTRO 3: ONDAS, CONCEITOS INTRODUTÓRIOS

### Plano de Aula do Encontro 3:

**Tempo previsto: 100 minutos**

#### Conteúdo:

- Ondas e suas características;
- Classificação das ondas.

**Objetivos de aprendizagem:** oferecer condições para que o aluno consiga:

- Apreender os conceitos de onda, frequência, período, comprimento de onda, amplitude, crista e vales;
- Descrever e diferenciar ondas mecânicas e eletromagnéticas, bem como as ondas longitudinais e transversais;
- Estabelecer relações entre esses conceitos;
- Negociar o significado de conceitos científicos.

#### Recursos:

- Computador e *Datashow*;
- Apresentação de *slides*;
- Uma mola de plástico;
- Ímã e limalha de ferro;
- Material de apoio impresso com lista de exercícios;
- Simulação: *Ondas em corda*;
- Vídeo sobre os trabalhos de Maxwell e Hertz;
- Material de uso comum (quadro, canetas, etc.).

#### Referências:

Simulação: *Ondas em corda*, disponível em:

[https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-on-a-string/latest/wave-on-a-string\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-on-a-string/latest/wave-on-a-string_pt_BR.html). Acesso 10 de ago 2016.

Vídeo sobre os trabalhos de Maxwell e Hertz disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=FYArBYI9V6o>. Acesso em: 31 ago 2016.

#### Atividade inicial

### Sugestão ao professor:

Sugerimos iniciar a aula utilizando o mapa conceitual elaborado coletivamente pela turma no primeiro encontro e retomando algumas semelhanças e diferenças que foram levantadas pelos estudantes durante o debate inicial. Comentar também que durante a leitura do texto sobre raios X, encontram a afirmação de que os raios X, assim como a luz e as ondas de rádio, são ondas eletromagnéticas. Solicitar aos estudantes que auxiliem na elaboração de uma definição para o conceito de onda, e anotar as falas e sugestões no quadro.

### Desenvolvimento

Utilizando o *software* “*Onda em corda*” disponibilizado na web pelo *PhET Interactive Simulations* fazer demonstrações virtuais alterando os parâmetros, para explicar e exemplificar os conceitos de comprimento de onda, amplitude, período e frequência. As demonstrações podem ser intercaladas com a retomada das explicações e figuras no artigo utilizado pela dupla na aula anterior. Enquanto utiliza a simulação, incentivar a turma a participar elaborando hipóteses sobre as consequências das alterações dos parâmetros.

Para abordar a classificação das ondas, quanto à direção de propagação (longitudinal e transversal), é possível e útil simular os dois tipos de ondas utilizando uma mola e questionar os estudantes sobre semelhanças e diferenças. Após a demonstração, explicar a diferença entre ondas longitudinais e transversais, sempre que possível retomando e destacando explicações no próprio artigo.

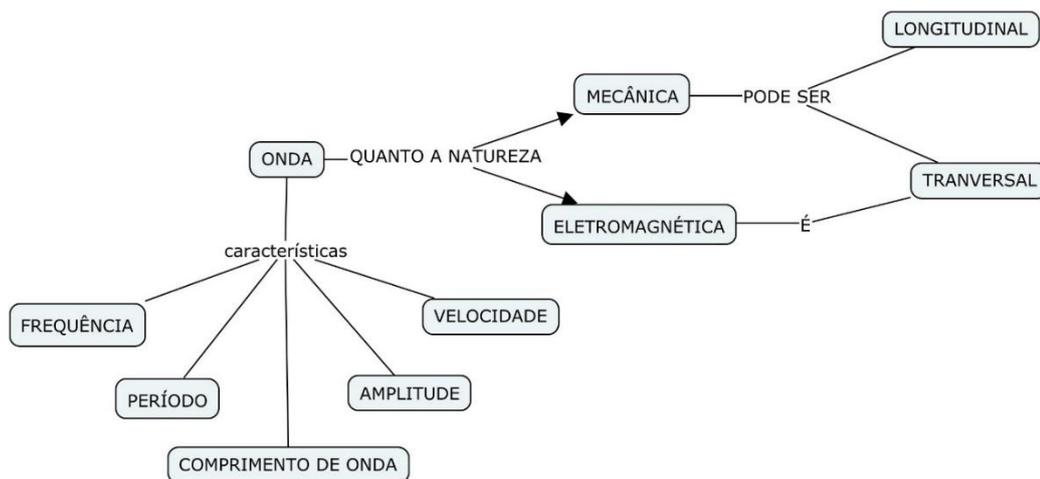
Dando continuidade à atividade, informar aos estudantes que as ondas podem ainda ser classificadas quanto à sua natureza: ondas mecânicas ou eletromagnéticas. Sugerimos projetar, sempre que isto for possível no contexto da escola, um pequeno trecho de um documentário do canal *History Chanel* (2min23s) que aborda historicamente, de forma breve, os trabalhos desenvolvidos por James Clerk Maxwell e Frank Hertz sobre ondas eletromagnéticas, evidenciando a relação entre eletricidade e magnetismo. O conceito de campo elétrico e magnético pode ser muito abstrato para a maioria dos estudantes e, a fim de facilitar a compreensão, fazer uma pequena demonstração sobre campo magnético utilizando um ímã e limalha de ferro, explicando analogamente o conceito de campo elétrico mostra-se muito útil.

Durante a exposição dialogada, retornar as sugestões dadas pelos estudantes no início da aula, valorizando, assim, suas contribuições e fazendo um paralelo entre a linguagem utilizada por eles e a linguagem científica sobre o conteúdo de ondas.

### Fechamento

Sugerimos retomar os conceitos debatidos nesse encontro com o auxílio de um pequeno mapa conceitual, podendo ser projetado ou construído diretamente na lousa.

Sugestão de mapa conceitual para retomada dos conceitos iniciais sobre ondas.



*Figura 3: Mapa conceitual sobre ondas.*

Fonte: primeira autora.

Mapa conceitual é um recurso que expressa relações hierárquicas entre os conceitos que compõem um corpo de conhecimento (por exemplo, uma aula, um tópico, um artigo, um capítulo de livro, etc.). Os conceitos são associados por linhas e palavras de ligações com o objetivo de identificar a estrutura conceitual do que está sendo ensinado. A Figura 2 apresenta uma sugestão de mapa conceitual que pode auxiliar na tarefa que Freire chama de “organização do conhecimento”. Além de oferecer uma visão geral do conteúdo, mapas podem ser solicitados como tarefa aos estudantes não com o intuito de avaliá-los, mas sim, para que o professor tenha uma noção de como os educandos estão relacionando, em suas estruturas cognitivas, os conceitos de um dado tema.

## ENCONTRO 4: ONDAS, CONCEITOS E RELAÇÕES MATEMÁTICAS

### Plano de Aula do Encontro 4:

**Tempo previsto: 100 minutos**

#### Conteúdo:

- Espectro eletromagnético;
- Ondas e relações matemáticas.

#### Objetivos de aprendizagem: oferecer condições para que o aluno consiga:

- Reconhecer os conceitos desenvolvidos a fim de associar as características das ondas para organizar o espectro eletromagnético;
- Relacionar velocidade, comprimento de onda, período, frequência e energia;
- Perceber que o espectro eletromagnético não tem limites;
- Efetuar alguns cálculos utilizando a equação de velocidade de propagação das ondas.

#### Recursos:

- Computador e *Datashow*;
- Uma mola de plástico;
- Envelopes contendo o esqueleto do espectro eletromagnético e as fichas com palavras;
- Cópias do material de apoio contendo exemplos e exercícios utilizando a equação da velocidade de propagação das ondas;
- Material de uso comum.

#### Referências:

Referência da figura do espectro eletromagnético:  
[http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo\\_ID349/v12\\_n2\\_a2017.pdf](http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID349/v12_n2_a2017.pdf). Acesso: novembro de 2017.

#### Atividade inicial

##### Sugestão ao professor:

Iniciar revisitando a demonstração das características das ondas (comprimento de onda, amplitude e frequência) utilizando a mola de plástico (“mola maluca”). Variar os parâmetros durante a demonstração dialogando com a turma sobre as consequências dessas variações.

##### Desenvolvimento

Solicitar aos estudantes que se organizem em duplas ou trios, distribuir para

cada grupo um envelope contendo as seguintes palavras: *ondas de rádio, micro-ondas, infravermelho, luz visível, ultravioleta, raios X, raios-gama, muito energética e pouco energética*. O envelope conterá também um esqueleto do espectro eletromagnético com informações de comprimento de onda e frequência. Os alunos deverão organizar as palavras recebidas para montar o espectro e, após a montagem nos pequenos grupos, as ideias que os educandos utilizaram para montá-lo serão debatidas no grande grupo e comparadas com a figura do espectro eletromagnético utilizada no artigo sobre raios X. Durante o debate, retomar com a turma que a energia está associada ao poder de penetração das ondas, isto é, quanto mais energética a onda, maior seu poder de penetração na matéria. É importante retomar que a velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas no vácuo é a mesma e corresponde a aproximadamente  $3,0 \cdot 10^8$  Km/s.

Com base no espectro eletromagnético, debater sobre as relações entre comprimento de onda, frequência e velocidade, formalizando a equação para velocidade de propagação das ondas e chamando a atenção para as unidades de medida.

**Sugestão do esqueleto do espectro eletromagnético e palavras.**

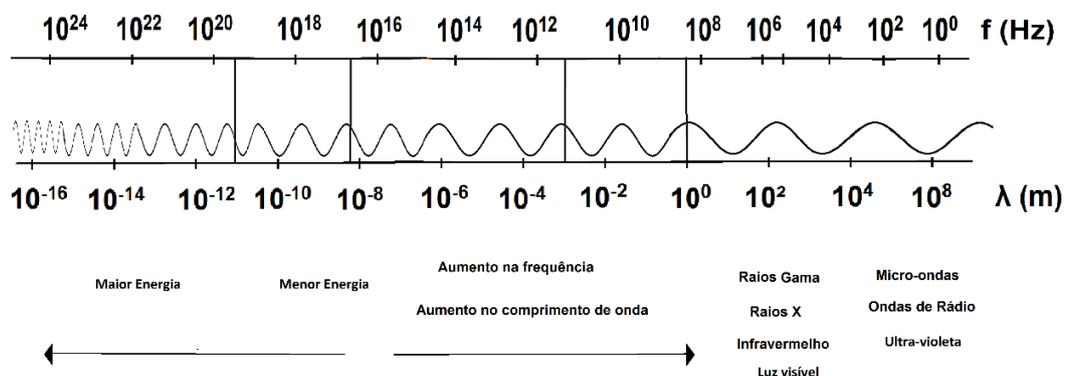


Figura 4: “esqueleto” do espectro eletromagnético para montagem.  
 Fonte: a primeira autora.

Importante: Os estudantes devem usar como base para a montagem do espectro a faixa do visível, por isto, ela deve estar identificada no esqueleto do espectro. Sugerimos marcar os extremos da faixa do visível de um lado com azul e do outro com vermelho.

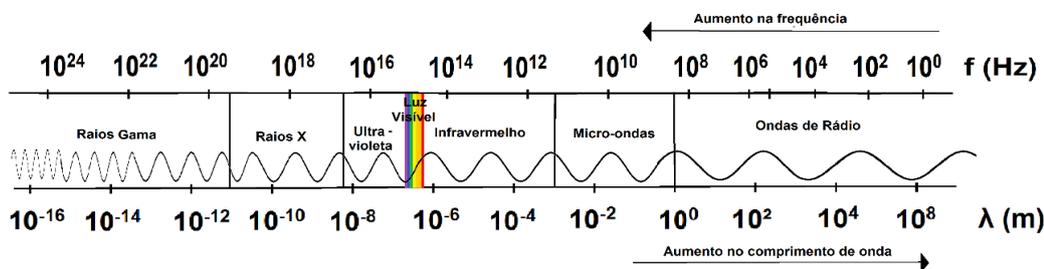


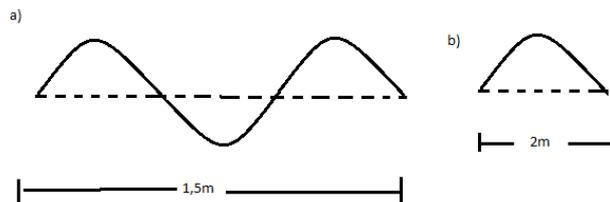
Figura 5: “esqueleto” do espectro eletromagnético para montagem.  
 Fonte: a primeira autora.

### Fechamento

Após a formalização da relação matemática entre velocidade de propagação, comprimento de onda e frequência, resolver no quadro alguns exemplos de aplicação da equação e solicitarei que os estudantes resolvam alguns exercícios propostos sobre o assunto.

### Sugestão de questões sobre ondas e relações matemáticas.

Exemplo 1: Sabendo que as ondas abaixo possuem uma frequência de 20 Hz, determine a velocidade de propagação de cada uma delas.



Exemplo 2: Uma fonte faz uma corda oscilar 10 vezes a cada 5s. Sabendo que a distância entre duas cristas adjacentes é de 2,5 m, determine para as ondas geradas nessa corda:

- A frequência
- A velocidade de propagação

### Exercícios

- Desenhe uma onda transversal, identificando na mesma:
  - Amplitude [A]
  - Comprimento de onda [ $\lambda$ ]
  - Vales e Cristas
- Uma onda com frequência de 10Hz e velocidade de 200m/s propaga-se em uma mola. Qual seu comprimento de onda?
- O período de uma onda é de 0,5s. Qual a sua frequência?
- Se uma onda que se propaga na água faz o líquido oscilar para cima e para baixo vinte vezes a cada 2s, e a distância entre cristas adjacentes é de 2 m, responda:
  - Qual a sua frequência?
  - Qual o seu período?
  - Qual a sua velocidade de propagação?
- Sabendo que uma onda sonora que se propaga no ar tem comprimento de onda de 10m e que sua velocidade de propagação é de 340 m/s, determine a frequência de oscilação dessa onda.
- Uma onda com velocidade de 50m/s e frequência de 2 Hz propaga-se em uma corda. Qual o seu comprimento de onda?
- A distância entre dois vales de uma onda é de 15m, se a frequência dessa onda é de 5 Hz, qual a velocidade de propagação da onda? Qual o período?

8- Uma onda mecânica propaga-se com velocidade de 20 m/s e tem frequência de 10 Hz, qual a distância entre um vale e o próximo vale consecutivo dessa onda?

9- Sabendo que uma onda tem comprimento de onda de 10 metros e que executa 50 oscilações a cada 2 segundos, descubra a velocidade de propagação dessa onda.

10- Classifique as afirmativas a seguir como verdadeiras (V) ou falsas (F):

- a) ( ) O som é constituído por ondas mecânicas longitudinais.
- b) ( ) As ondas mecânicas propagam-se nos meios sólidos, líquidos e gasosos.
- c) ( ) Uma onda sonora não se propaga no vácuo.
- d) ( ) O som se propaga com velocidade maior que a velocidade da luz.
- e) ( ) Tanto a luz quanto o som são ondas eletromagnéticas.
- f) ( ) Não ocorre transporte de matéria no movimento de propagação de uma onda.
- g) ( ) A distância entre duas cristas de ondas é chamada de amplitude.
- h) ( ) A velocidade de uma onda é constante e independe do meio de propagação.
- i) ( ) O som e a luz são ondas mecânicas e propagam-se também no vácuo.
- j) ( ) Ondas de rádio, micro-ondas, raios X e raios – gama têm a mesma natureza da luz visível.
- k) ( ) Todas ondas eletromagnéticas são transversais.
- l) ( ) Uma onda eletromagnética transporta energia elétrica e magnética.

## ENCONTRO 5: FORMAÇÃO DOS RAIOS X

### Plano de Aula do Encontro 5:

**Tempo previsto: 100 minutos**

#### Conteúdo:

- Produção de raios X;
- Aplicações médicas dos raios X.

#### Objetivos de aprendizagem: oferecer condições para que o aluno consiga:

- Reconhecer conceitos fundamentais associados à formação dos raios X;
- Descrever a formação dos raios X como um processo que ocorre em nível atômico;
- Relacionar e interpretar dados a respeito de raios X para propor uma mudança social, conscientizando os educandos sobre usos e cuidados;
- Identificar e confrontar prós e contras da utilização dos raios X nas atividades humanas.

#### Recursos:

- Material de uso comum;
- Computador e *Datashow*;
- Cópias do artigo (as mesmas utilizadas nos encontros anteriores).

#### Referências:

Vídeo sobre a formação dos raios X disponível em:  
<https://www.youtube.com/watch?v=gsV7SJDDCY4>;

Animações sobre a formação dos raios X disponível em:  
<http://www.nobelprize.org/educational/physics/x-rays/how-1.html>;

Simulação sobre os modelos do átomo de Hidrogênio do grupo *PhET Interactive Simulations* disponível em:  
[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/hydrogen-atom](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/hydrogen-atom);

#### Atividade inicial

##### Sugestão ao professor:

Iniciar a aula retomando com os estudantes que nas aulas anteriores foram formalizados conceitos relativos ao estudo das ondas, e que nessa aula serão aprofundadas as discussões do processo de formação dos raios X, que foi abordado ao longo da leitura do artigo utilizado no segundo encontro. Projetar para a turma a figura do espectro eletromagnético trabalhada no encontro anterior, localizando os raios X, e comparando suas características as demais ondas eletromagnéticas, destacando a frequência e a energia associada a estas radiações.

### **Desenvolvimento**

Para iniciar a explicação sobre a formação dos raios X assistir, sempre que isto for possível no contexto da escola (ou, alternativamente, preparar um texto curto), com a turma um vídeo de cinco minutos que relata a experiência de Roentgen, o processo de formação dos raios X, as características dessa radiação, a interação dos raios X com a matéria e suas aplicações na medicina. Após a exibição do vídeo (ou da leitura do texto), retomar a explicação da formação dos raios X utilizando as animações sobre raios X disponíveis no site do Prêmio Nobel. Durante a explicação, destacar alguns aspectos apresentados no vídeo assistido no início da aula e que também estão no artigo sobre a formação dos raios X. Solicitar aos estudantes que localizem no artigo o tópico sobre formação dos Raios X, retomando a leitura com a turma e fazendo conexões com os vídeos e simulações assistidos.

Para auxiliar na compreensão da distribuição dos elétrons em níveis de energia (no átomo), sugerimos a simulação sobre os modelos do átomo de Hidrogênio disponibilizado pelo *PhET Interactive Simulations*, explicando que a transição entre os níveis de energia está representada na Figura 15 do artigo.

### **Fechamento**

Para encaminhar o encerramento da atividade, construir coletivamente com a turma, na lousa, uma lista com os conceitos ou palavras que os estudantes consideram importantes para compreender a formação dos raios X. Solicitar que anotem esta lista elaborada para que a mesma possa auxiliá-los na atividade do próximo encontro (elaboração de um mapa conceitual).

## ENCONTRO 6: FORMAÇÃO DOS RAIOS X – CONTINUAÇÃO

### Plano de Aula do Encontro 6

Tempo previsto: 100 minutos

#### Conteúdo:

- Formação de raios X (continuação).

#### Objetivos de aprendizagem: oferecer condições para que o aluno consiga:

- Reconhecer e articular conceitos associados à estrutura da matéria, ondas e radiações;
- Identificar aspectos e conceitos relevantes na formação dos raios X;
- Construir um mapa conceitual sobre o tema;
- Negociar significados de conceitos científicos.

#### Recursos:

- Folhas A3 ou cartolinas;
- Canetas para confecção de cartazes;
- Cópias do artigo (utilizadas nos encontros anteriores).

#### Atividade inicial

##### **Sugestão ao professor:**

Sugerimos lembrar à turma que no primeiro encontro fora elaborado um mapa conceitual a partir de objetos do cotidiano (por exemplo, aparelho de celular, aparelho de micro-ondas, protetor solar, entre outros) e que esse primeiro mapa foi confeccionado antes de formalizar e aprofundar os estudos sobre ondas. Salientar que até este encontro já ocorreram discussões sobre o tema, o que possibilita novas articulações ou reflexões das ideias e conceitos inicialmente debatidos.

#### Desenvolvimento

Solicitar aos estudantes que formem duplas para a tarefa de elaborar um mapa conceitual explicando o processo de formação dos raios X. Os estudantes são incentivados a consultar o artigo, bem como suas anotações (por exemplo, a lista de conceitos elaborada no encontro anterior). É interessante lembrar rapidamente algumas dicas de como proceder para elaborar um mapa conceitual. Para isto pode-se referenciar o mapa construído coletivamente no primeiro encontro, fazendo uma breve releitura do mesmo (no caso dele permanecer exposto da sala) ou, então, montar um pequeno exemplo de mapa na lousa. Alertar que não existe apenas um mapa conceitual para explicar a formação dos raios X e que os mapas são recursos interessantes justamente por permitirem representar diferentes formas de organizar o conhecimento. Uma vez traçado, solicitar que as duplas transcrevam seus mapas conceituais para cartazes para que os mesmos possam ser apresentados para a turma.

### **Fechamento**

A aula encerra com as apresentações ao grande grupo dos mapas conceituais elaborados pelas duplas. A socialização dos mapas permite que os estudantes expressem suas formas de organizar o conhecimento e também identificar aspectos ou conceitos relativos à formação dos raios X que não ficaram claros ou que indicam compreensões incorretas.

### **Comentários Finais**

Caro(a) professor(a), caso a escola tenha disponibilidade, existem alguns *softwares* para a elaboração de mapas conceituais. O uso desses *softwares* agiliza sua confecção e facilita a apresentação tornando-os mais flexíveis. Para a confecção dos mapas apresentados neste trabalho utilizamos o *software Cmap*, que é gratuito e possui uma *interface* acessível.

Recomenda-se também que durante as apresentações dos mapas sejam feitas anotações sobre os conceitos que não estão claros para serem retomados na aula seguinte.

### **Referências:**

*Software Cmap* disponível em: <https://cmap.ihmc.us/>.

## ENCONTRO 7: RETOMADA DA FORMAÇÃO DOS RAIOS X (APROFUNDAMENTO)

### Plano de Aula do Encontro 7:

**Tempo previsto: 100 minutos**

#### Conteúdo:

- Produção de raios X.

#### **Objetivos de aprendizagem:** oferecer condições para que o aluno consiga:

- Reconhecer os conceitos fundamentais associados à formação dos raios X;
- Descrever a formação dos raios X como um processo que ocorre em nível atômico;
- Relacionar e aplicar os conceitos de onda, frequência, período, comprimento de onda, amplitude, crista e vales;
- Utilizar e aplicar as relações matemáticas referentes ao estudo das ondas;
- Desenvolver a autonomia e a criticidade através da apropriação e discussão dos conhecimentos científicos relativos ao tema Matéria e Radiação para a elaboração da dramatização;
- Refletir sobre os raios X, sua formação, seus riscos e benefícios e os aspectos sociais e culturais relacionados a sua utilização.

#### Recursos:

- Computador e *Datashow*;
- Cópias das orientações da dramatização;
- Material de uso comum.

#### Atividade inicial

##### **Sugestão ao professor:**

Solicitar que a turma se organize em formato de círculo e retomar aspectos teóricos relacionados à formação dos raios X a partir da apresentação de um mapa conceitual. Trata-se de um momento de revisão que oportuniza novas explicações de conceitos científicos que pareceram não estar claros aos estudantes durante a tarefa de construção dos mapas. Como já dito, mapas elaborados pelos estudantes constituem um excelente *feedback* ao professor sobre como se dá a aprendizagem de seus estudantes. Durante a apresentação dos mapas é importante retomar itens que aparecem nos próprios mapas elaborados pela turma. Isto valoriza as contribuições dos estudantes e auxilia no esclarecimento de dúvida e conceitos.

## Sugestão de mapa conceitual para a retomada da explicação sobre formação dos raios X.

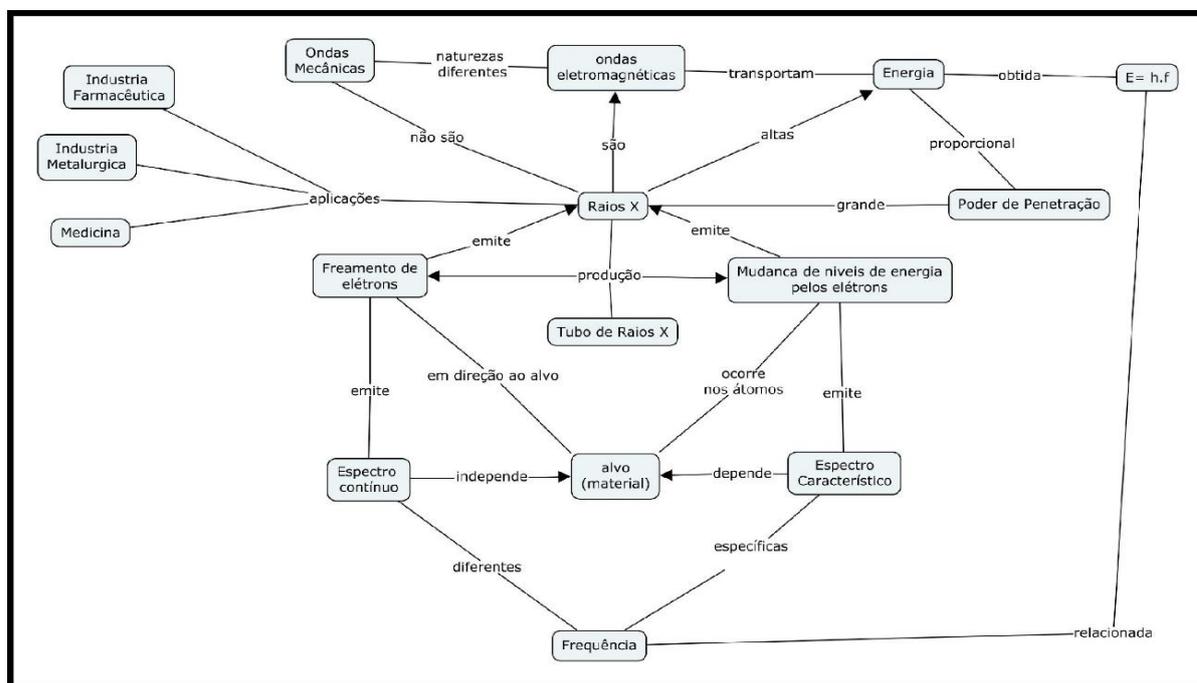


Figura 6: mapa conceitual sobre raios X.

Fonte: construído pela autora.

### Desenvolvimento

Após a retomada da explicação sobre a formação dos raios X, explicar à turma que será iniciada a organização da última atividade do módulo – uma dramatização sobre o tema Matéria e Radiação.

Grupos compostos de quatro a oito integrantes são recomendados e pode ser entregue uma sugestão de personagens para a encenação que deve abordar (ou aplicar) os assuntos debatidos em aula.

Ao final deste encontro, os grupos elaboram e entregam um roteiro da dramatização. Comentar que a dramatização pode ser do tipo programa de entrevistas, auditório, documentário, debates, musical, entre outros. Os recursos utilizados também ficam a critério dos grupos, mas a utilização de cenários e figurinos auxiliam e enriquecem a atividade. Caso a escola e os estudantes disponham dos recursos necessários, a atividade pode ser feita no formato de vídeo.

O tempo de apresentação sugerido para cada grupo é entre 5 e 10 minutos, mas conforme o tamanho da turma isto pode ser alterado.

Uma lista com sugestão de alguns personagens pode ser entregue aos grupos para auxiliá-los na elaboração do roteiro.

### Sugestão da atividade de dramatização.

Após a formação do grupo, vocês devem elaborar uma dramatização de uma peça teatral, que poderá ser do tipo entrevista jornalística, programa de auditório, debate ou outros. Nesse cenário hipotético, personagens históricos deverão interagir com personagens da atualidade, podem participar os seguintes personagens:

- Wilhelm Konrad Röntgen (personagem histórico): abordará a descoberta dos raios X; \_\_\_\_\_

- b) Max von Laue (personagem histórico): fará a explicação teórica da formação dos raios X; \_\_\_\_\_
- c) Um (a) médico (a) (personagem da atualidade) que deverá abordar as aplicações médicas dos raios X; \_\_\_\_\_
- d) Um (a) físico (a) (personagem da atualidade) que abordará os riscos relacionados à exposição radiológica e à necessidade de proteção; \_\_\_\_\_
- e) Um (a) representante de uma ONG de apoio aos pacientes com câncer que abordará a situação atual das pessoas com câncer e os serviços públicos disponibilizados; \_\_\_\_\_
- f) Um repórter/apresentador, que deverá mediar a discussão. \_\_\_\_\_

A dramatização poderá ocorrer utilizando diferentes estratégias como, por exemplo, encenação, teatro de fantoches, teatro de sombras, vídeos, entre outras. A escolha da estratégia a ser utilizada na representação fica a critério do grupo. Assim, os personagens devem interagir conforme o formato de encenação escolhido, abordando temas como a descoberta e a formação dos raios X, riscos e benefícios da exposição à radiação e aspectos sociais relacionados à utilização das radiações.

### **Fechamento**

Concluir a aula recolhendo os roteiros elaborados pelos grupos, mesmo que a tarefa ainda esteja incompleta é recomendável, pois, assim, podem ser dadas sugestões para a conclusão dos roteiros.

Também é importante informar à turma que no próximo encontro serão abordados alguns tópicos sobre proteção radiológica e que tais temas também podem ser abordados nas dramatizações.

## ENCONTRO 8: PROTEÇÃO RADIOLÓGICA, FORMAÇÃO DA CRITICIDADE

**Plano de Aula do Encontro 8:****TEMPO PREVISTO: 100 MINUTOS****Conteúdo:**

- Radiações ionizantes e não ionizantes e sua interação com a matéria;
- Proteção Radiológica.

**Objetivos de aprendizagem:** oferecer condições para que o aluno consiga:

- Discutir acerca da disponibilização e acesso à população, em geral, dos benefícios advindos da utilização dos raios X na área médica;
- Descrever e diferenciar radiações ionizantes e não ionizantes;
- Dimensionar os efeitos da interação da radiação com a matéria;
- Avaliar a exposição cotidiana aos diferentes tipos de radiação;
- Utilizar os conhecimentos sobre proteção radiológica em suas atividades cotidianas;
- Comparar aspectos positivos e negativos da presença ou utilização da radiação no cotidiano;
- Refletir sobre aspectos relevantes e relativos aos usos médicos dos raios X visando à conscientização e transformação da própria realidade, como sugere Paulo Freire, através de uma aprendizagem crítica e libertadora.

**Recursos:**

- Cópias impressas do texto no formato de reportagem sobre o sistema público de saúde no Brasil;
- Computador e *Datashow*;
- Apresentação de *slides*;
- Vídeo “*Is radiation dangerous?*”;
- Materiais de uso comum.

**Referências:**

Vídeo “*Is Radiation Dangerous?*” disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=zI2vRwFKnHQ>, acesso abr/2016.

### Atividade inicial

#### Sugestão ao professor:

Solicitar que a turma se organize em formato de círculo e realizar a leitura coletiva de texto informativo que aborda dados da situação do sistema de saúde pública brasileiro, trazendo informações sobre a distribuição por regiões no país dos aparelhos do tipo mamógrafos e algumas recomendações da Organização Mundial da Saúde quanto aos cuidados básicos da saúde da mulher. Após, convidar os estudantes a refletirem a partir do questionamento “*o que podemos fazer para mudar esse quadro?*” apresentado ao final do texto. Debater dialogicamente a respeito das informações abordadas no texto, incentivando os estudantes a socializarem suas ideias e vivências com o grande grupo, fomentando uma análise crítica dos dados apontados e suas consequências na sociedade atual.

#### Texto de apoio sugerido (podendo ser outro relacionado ao tema):

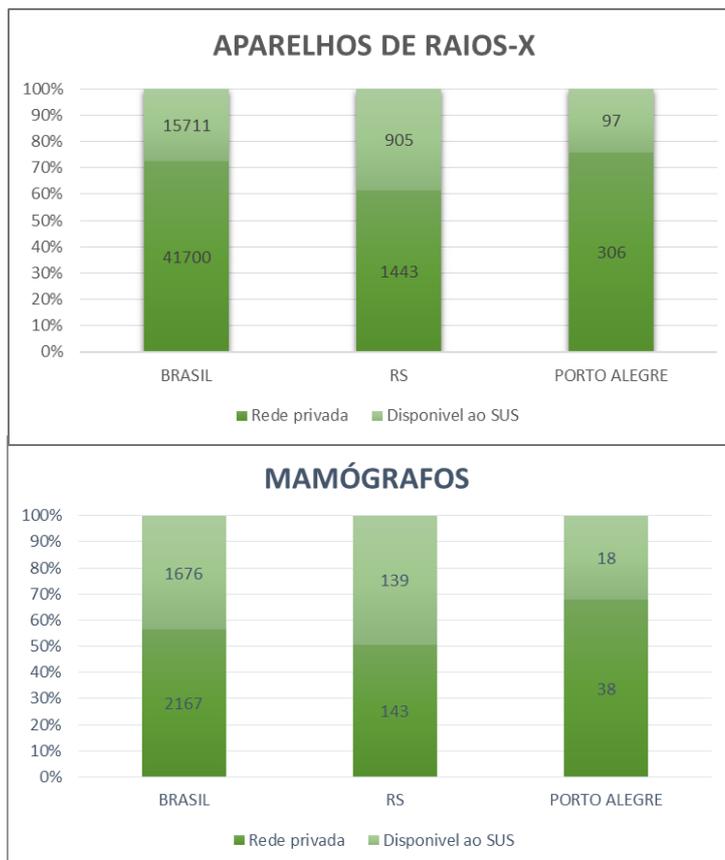
##### BREVE RADIOGRAFIA DO SISTEMA DE SAÚDE BRASILEIRO

Uma das aplicações mais conhecidas dos Raios X é sem dúvida sua utilização na medicina e certamente conhecemos muitos dos benefícios que esta tecnologia trouxe para o bem-estar da humanidade. Porém, mesmo tendo sua aplicação difundida desde meados de 1900, grande parte da população não dispõe facilmente desses recursos ao procurarem serviços médicos. Uma breve análise da disponibilidade desses recursos na cidade de Porto Alegre, no estado do Rio Grande do Sul e no Brasil é feita a seguir, utilizando os dados disponibilizados pelo Ministério da Saúde.

Voltando nosso olhar para a cidade de Porto Alegre, dos 403 equipamentos de Raios X em uso, apenas 97 estão disponíveis ao SUS. Isto corresponde a aproximadamente 24% dos equipamentos disponíveis. Já quando analisamos a disponibilidade de mamógrafos, encontramos uma situação um pouco melhor, aproximadamente 32% dos equipamentos estão disponíveis ao SUS (Sistema único de Saúde).

Quando passamos a analisar a situação do estado do Rio Grande do Sul, nos deparamos com uma situação mais favorável, na qual aproximadamente 38% dos aparelhos de Raios X e 49% dos mamógrafos em uso estão disponíveis ao SUS. Porém, a grande desigualdade no acesso aos cuidados com a saúde torna-se evidente se analisarmos os

dados do país, que apresenta disponíveis ao SUS 43% dos mamógrafos e apenas 27% dos aparelhos de Raios X. Esses dados evidenciam que a maior parcela dos equipamentos de diagnóstico pertence apenas à rede privada, deixando desamparada grande parcela da



população. Esta análise está baseada nos dados publicados pelo Ministério da Saúde, referentes ao ano de 2010. A base de dados pode ser acessada através do site do Ministério da Saúde (<http://portalsaude.saude.gov.br/>), onde estão disponíveis dados do país, por regiões, estados e municípios.

Podemos perceber que apesar dos inúmeros avanços da aplicação dessa tecnologia na saúde, estes recursos ainda não estão disponíveis para a maior parte da população. A falta de acesso a esses equipamentos, tanto para diagnóstico, quanto para tratamento, certamente contribui para que o estado do Rio Grande do Sul, segundo dados da Fundação de Economia, ocupe a 3ª colocação no país, devido à taxa de mortes por câncer de mama entre as mulheres com mais de 20 anos.

### **Convite à reflexão: O que podemos fazer para mudar esse quadro?**

#### **Referências:**

Ministério da Saúde: *Cadernos de Informação de Saúde* Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/tabdata/cadernos/cadernosmap.htm?saude=http%3A%2F%2Ftabnet.datasus.gov.br%2Ftabdata%2Fcadernos%2Fcadernosmap.htm&obj=%24VObj&botaoook=OK#cadernos>  
Acesso em 07/09/2016

*Jornal Correio do Povo*, Porto Alegre, p. 18, publicação de 12 de outubro de 2016.

#### **Desenvolvimento**

Finalizar o debate dialogando com a turma sobre a importância de as pessoas terem acesso ao conhecimento científico que embasa o funcionamento de alguns aparelhos tecnológicos frequentemente presentes no nosso cotidiano. Solicitar que os estudantes opinem sobre a existência de riscos à exposição à radiação.

Após a explosão de ideias sobre os riscos da exposição à radiação, caso a escola disponha dos recursos necessários, exibir o vídeo "*Is radiation dangerous?*", o qual aborda o tema da interação da radiação com a matéria e seus efeitos.

Seguindo a exibição do vídeo, sugerimos realizar a formalização do tópico (ou "organização do conhecimento", nas palavras de Freire) explicando a interação da radiação com material biológico e seus efeitos, a diferença entre as radiações ionizantes e não ionizantes; tipos de radiação e o poder de penetração dessas, medidas de proteção necessárias à exposição à radiação, etc.

#### **Sugestão de questões para o debate:**

- A exposição à radiação só acarreta malefícios?
- Existem níveis seguros de exposição à radiação?
- O que você sabe sobre a existência de controles nos hospitais e clínicas para a utilização da radiação, isto é, dos raios X?
- Os profissionais que trabalham com radiologia nas clínicas e hospitais estão expostos a grandes riscos?
- Vocês conhecem a profissão do físico médico?
- Onde ele atua?

#### **Fechamento**

Sugerimos encerrar esta aula retomando aspectos positivos e negativos da utilização da radiação e reforçando conceitos científicos fundamentais. Solicitar aos estudantes que reflitam nos grupos a respeito da tarefa de dramatização sobre a possibilidade da inclusão de questões acerca da proteção radiológica e da saúde pública. O objetivo é promover e aprofundar a conscientização dos educandos sobre a importância do tema na vida social, como propõe Freire, subsidiando, assim, as dramatizações.

## ENCONTRO 9: DRAMATIZAÇÃO SOBRE MATÉRIA E RADIAÇÃO

### Plano de Aula do Encontro 9:

**Tempo previsto: 100 minutos**

### Conteúdo:

- Matéria, Radiação e suas interações.

### Objetivos de aprendizagem: oferecer condições para que o aluno consiga:

- Utilizar os conhecimentos assimilados para montagem e apresentação de uma encenação (dramatização) com foco no tema *Matéria e Radiação*;
- Selecionar e organizar os principais conceitos desenvolvidos acerca do tema;
- Refletir sobre os conhecimentos desenvolvidos para propor mudanças na sociedade;
- Intuir a produção do conhecimento científico como um processo histórico e social;
- Reconhecer, a partir dos conhecimentos desenvolvidos, diferentes aspectos do tema Matéria e Radiação;
- Identificar e aplicar conceitos sobre ondas, natureza atômica da matéria, formação dos Raios x e suas aplicações;
- Elaborar argumentações acerca das radiações presentes no cotidiano.

### Recursos:

- Computador e *Datashow*;
- Cópias do teste sobre o módulo: Matéria e Radiação;
- Cópias do artigo (utilizadas nos encontros anteriores);
- Material de uso comum.

### Atividade inicial

### Sugestão ao professor:

É importante que o(a) professor(a) informe aos estudantes que este encontro se compõe de dois momentos distintos: (I) conclusão da organização da dramatização e (II) uma prova (ou teste) escrita com consulta ao artigo que foi utilizado como texto de apoio ao longo dos encontros anteriores.

## Desenvolvimento

### Parte I:

Solicitar aos estudantes que organizem os grupos de trabalho para concluir o roteiro da dramatização, elencando o tipo de peça que será apresentada, que personagens serão representados, quais temas ou questões serão abordados, bem como os materiais necessários (figurino, cenário, etc.). Sugerimos devolver aos grupos os roteiros já entregues ao professor anteriormente, acrescentando comentários e sugestões a respeito de possíveis diálogos, personagens, entre outros.

### Parte II:

Sugerimos ao(a) professor(a) aplicar uma prova (teste) escrita sobre o tema “matéria e radiação” com consulta ao artigo utilizado como material de apoio ao longo dos encontros. A motivação é levar os estudantes a responder as questões elaboradas por eles no Encontro 2 e outras propostas pelo(a) professor(a) consideradas pertinentes sobre o tópico ondas, radiação, raios X, proteção radiológica e interação matéria-radiação, consultando o artigo. Sugerimos que a prova contenha alguma questão de posicionamento crítica frente a uma situação do cotidiano.

A participação nas atividades (por exemplo, mapa conceitual elaborado e apresentado em dupla), a prova e a dramatização integraram a avaliação dos estudantes.

### Sugestão de questões para compor a prova.

NOME \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

Instruções: Responda as questões a seguir de forma clara. É livre à consulta ao material de apoio utilizado em aula e as suas anotações.

Bom trabalho!

- 1- O que são ondas mecânicas? Cite três exemplos.  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 2- O que são onda eletromagnéticas? Cite três exemplos.  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 3- Como ocorre a interferência entre ondas?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 4- A qual grandeza está relacionada a unidade Hertz? Explique o que essa grandeza representa.  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 5- Explique como os elétrons estão dispostos nos átomos.  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

---

---

6- Explique, utilizando exemplos o significado da afirmação “ a energia de um sistema é quantizada”.

---

---

---

---

---

7- O que são os raios gama?

---

---

---

8- Explique o que é o íon e como ele pode ser formado.

---

---

---

9- Cite três aplicações dos raios X.

---

---

---

10- Cite dois problemas que a exposição à radiação pode causar nos seres humanos.

---

---

---

11- Cite dois benefícios que a exposição à radiação acarreta aos seres humanos.

---

---

---

12- Durante o processo de formação de raios X em um tubo, o que pode acontecer com os elétrons ao se chocarem com o ânodo?

---

---

---

---

13- Quais são as diferentes formas de raios X?

---

---

---

14- O que significa a expressão radiação de “Bremsstrahlung” e como ela origina-se no processo de formação de raios X?

---

---

---

---

15- O que seria um fármaco? Qual sua importância (aplicação)?

---

---

---

16- Explique com suas palavras como ocorre o processo de formação dos raios X.

---

---

---

---

---

---

---

---

17- Em sua campanha política, um candidato a vereador propôs um projeto de lei que proibi a exposição da população a qualquer nível de radiação, em prol do bem-estar e segurança da população. Esse candidato ganharia seu voto? Justifique.

---

---

---

---

---

---

---

---

### **Fechamento**

Sugerimos encerrar o encontro reforçando com a turma que a atividade de dramatização será apresentada no encontro seguinte, lembrando que precisam trazer os materiais necessários (figurino, cenários, acessórios, etc.) para a sua execução.

## ENCONTRO 10: ENTRANDO EM CENA!

### Plano de Aula do Encontro 10:

**Tempo previsto: 100 minutos**

#### Conteúdo:

- Matéria, radiação e suas interações.

#### Objetivos de aprendizagem: oferecer condições para que o aluno consiga:

- Utilizar os conhecimentos assimilados para montar e apresentar uma encenação sobre o tema *Matéria e Radiação*;
- Selecionar e organizar os principais conceitos desenvolvidos acerca do tema, utilizando-os nas suas falas na dramatização;
- Abordar aspectos da História da Ciência, resgatando personagens, conceitos e épocas para uma melhor compreensão da produção do conhecimento científico;
- Reconhecer os diferentes tópicos sobre o tema Matéria e Radiação;
- Identificar e aplicar conceitos sobre ondas, natureza atômica da matéria, formação dos Raios x e suas aplicações;
- Elaborar perguntas e argumentações acerca das radiações presentes no cotidiano.
- Refletir as relações do cotidiano vivencial com os conteúdos aprendidos.

#### Recursos:

- Recursos para a encenação (vestimentas, artigos para o cenário, cartazes, decorações e demais materiais a critério das escolhas dos estudantes).

#### Atividade inicial

Sugerimos ao(à) professor(a) propor aos estudantes uma forma de sortear a ordem das apresentações das dramatizações e disponibilizar tempo para que os grupos organizem-se. Estes costumam ser momentos em que os estudantes manifestam certa angústia para se apresentar ao grande grupo.

#### Desenvolvimento

Quando os grupos estiverem prontos, iniciar as apresentações na ordem

combinada, tendo o cuidado de anotar conceitos mal empregados e/ou não entendidos ao longo das falas durante a dramatização. Após a cada encenação, retomar e destacar os tópicos abordados pelo grupo visando esclarecer dúvidas que eventualmente tenham aparecido ou reforçar conceitos que merecem destaque.

### **Fechamento**

Sugerimos encerrar o módulo didático destacando os itens mais relevantes que foram abordados nas dramatizações, revisitando conceitos, fazendo uso de eventuais erros para oferecer novos esclarecimentos. Por fim, visitar com os estudantes a(s) questão(ões) reflexivas respondidas na prova escrita, debatendo a importância do acesso ao conhecimento científico e suas implicações na sociedade.

Este aspecto é muito relevante na perspectiva freireana porque é preciso auxiliar os educandos a se apropriarem do conhecimento científico para atribuir novos significados ao mundo, a perceberem a realidade na qual estão imersos com um novo ponto de vista. Ou seja, levar os educandos a avançar de uma curiosidade ingênua para uma curiosidade epistêmica.

## CONCLUSÃO

Nesta unidade didática escolhemos trabalhar com “Matéria e Radiação” que é proposto como um tema inspirado na noção freireana de “tema gerador”, embora não o seja genuinamente porque não nasce de uma investigação temática, mas que por sua relevância na sociedade moderna pode propiciar uma abordagem de conhecimentos científicos contemporâneos e que estão presentes na vida dos educandos.

Em nossa aplicação da presente proposta com alunos do primeiro ano do Curso Normal isto foi fundamental para repensar a prática didática de forma mais ampla, englobando a realidade e o cotidiano dos estudantes, bem como a realidade dos cursos de formação de professores dos anos iniciais do Ensino Fundamental, que possuem um reduzido número de horas aulas da disciplina de Física. Trabalhar conceitos fundamentais de Física a partir de um tema de Física Moderna e Contemporânea, além de atender orientações dos documentos oficiais que reestruturam a organização do nosso sistema educacional e que há muitos anos indicam a necessidade de novos caminhos e concepções, mostrou ser possível e promissor na perspectiva de engajar esses futuros professores a discutir esses temas em suas futuras aulas.

Paulo Freire ensina-nos que a criticidade, a reflexão, a participação consciente no processo educacional são fatores fundamentais se deixarmos de considerar a educação como uma atividade e transmissão de conhecimentos e passarmos a percebê-la como um processo coletivo e participativo de construção da autonomia e de busca da liberdade. Retirar os educandos de suas classes alinhadas e colocá-los frente a frente, em círculo, para expressar e debater sobre, podendo expressar o que sabem de suas vivências, o que compreenderam nas aulas e como estão articulando o conhecimento que estão adquirindo, já representa um esforço na direção da superação de uma educação bancária tradicional.

A semente que se deseja lançar na formação de professores para o Ensino Fundamental visando a que abordem e discutam elementos de Física nas séries iniciais está intrinsecamente ligada com a alegria de aprender-ensinar apresentada por Freire:

Há uma relação entre a alegria necessária à atividade educativa e a esperança. A esperança de que professor e alunos juntos podemos aprender, ensinar, inquietar-nos, produzir e juntos igualmente resistir aos obstáculos a nossa alegria (FREIRE, 2007, p.72).

Sendo a educação uma prática fundamentalmente humana, seguimos com a esperança de que este produto educacional viabilize a aproximação entre o conhecimento produzido nas Universidades e as salas de aula da Educação Básica e, assim, possa contribuir para que mais professores(as) o utilizem em suas intervenções nas salas de aula; que os textos e as atividades aqui apresentadas auxiliem os estudantes a compreender melhor suas realidades, habilitando-os a um diálogo crítico a respeito de suas situações de vida. Enfim, que ele possa favorecer um ensino de Física voltado à transformação social.

Educadores e educandos percebendo-se como seres inacabados podem aprender juntos e transformar a realidade em que estão imersos.

É nesse sentido que desejamos ao(às) professores(as) sucesso na promoção de uma educação libertadora.

## REFERÊNCIAS

CARMELLO, G. W.; ZANOTELLO, M.; PIRES, M. O. C. A Perspectiva Freireana na Formação Continuada de Professores de Física. *Alexandria - Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v.7, n.2, p.51-72, 2014.

DELIZOICOV, D. La Educación en Ciencias y la Perspectiva de Paulo Freire. *Alexandria - Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v.1, n.2, p.37-62, 2008.

FREIRE, P. *Extensão ou Comunicação?* São Paulo: Paz e Terra, 8ª ed. 1985.

\_\_\_\_\_. *Pedagogia do Oprimido*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 28ª ed., 2000.

\_\_\_\_\_. *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*, São Paulo, Paz e Terra, 35ª ed., 2007.

\_\_\_\_\_. *Educação e Mudança*. São Paulo: Paz e Terra, 37º ed., 2016.

History Channel, Maravilhas Modernas: O Rádio. *YouTube*, Vídeo sobre os trabalhos de Maxwell e Hertz disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=FYArBYI9V6Q>, acesso em: 31 ago 2016.

NOBEL MEDIA. X-rays. *NobelPrize.Org*, 15 de maio de 2001. Página contendo animações e dados históricos sobre Raios-X. Disponíveis em: <<http://www.nobelprize.org/educational/physics/x-rays/how-1.html>>. Acesso em 24 abr. 2016.

TED-Ed. Como os Raios X enxergam através da pele? *YouTube*, publicado em 22 de junho de 2015. Vídeo sobre Raios X, dados históricos, formação e aplicações. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=gsV7SJDDCY4>>. Acesso em: 24 abr.2016.

TED-Ed. Is radiation dangerous? *YouTube*, publicado em 14 de março de 2016. Vídeo sobre proteção radiológica. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=zI2vRwFKnHQ>. Acesso em: 24 abr. 2016.

TEIXEIRA, C. V.; MASSONI, N. T.; VARGAS, G. S. Raios X: um tema instigante para a introdução da Física Moderna e Contemporânea na sala de aula do Ensino Básico. *Experiências em Ensino de Ciências*, vol. 12, n. 2, p. 80-93, 2017. [http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo\\_ID349/v12\\_n2\\_a2017.pdf](http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID349/v12_n2_a2017.pdf)

VARGAS, G. S. *Uma abordagem do tema estruturante Matéria e Radiação no Curso Normal: a busca da criticidade na formação de professores para os anos iniciais do Ensino Fundamental*. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018