



**CINARA MARIA DOS SANTOS**

**USANDO A DIFRAÇÃO DA LUZ COMO ANALOGIA PARA A  
COMPREENSÃO DA ESTRUTURA CRISTALINA,  
DETERMINADA POR RAIOS X**

**LAVRAS - MG**

**2018**

**CINARA MARIA DOS SANTOS**

**USANDO A DIFRAÇÃO DA LUZ COMO ANALOGIA PARA A COMPREENSÃO DA  
ESTRUTURA CRISTALINA, DETERMINADA POR RAIOS X**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Profissional em Ensino de Física, área de concentração em Ensino de Física, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Ulisses Azevedo Leitão

Orientador

Dra. Helena Libardi

Coorientadora

**LAVRAS - MG**

**2018**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pela própria autora.**

Santos, Cinara Maria dos

Usando a difração da luz como analogia para a compreensão da estrutura cristalina, determinada por raios X / Cinara Maria dos Santos. – Lavras : UFLA, 2018.

122 p. : il.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Lavras, 2018.–Universidade Federal de Lavras, 2018.

Orientador: Prof. Dr. Ulisses Azevedo Leitão.

Bibliografia.

1. Difração da luz como analogia a difração de raios X.
2. Perfil Conceitual. 3. Atividades experimentais. I. Leitão, Ulisses Azevedo. II. Libardi, Helena. III. Título.

**CINARA MARIA DOS SANTOS**

**USANDO A DIFRAÇÃO DA LUZ COMO ANALOGIA PARA A COMPREENSÃO DA  
ESTRUTURA CRISTALINA, DETERMINADA POR RAIOS X**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Profissional em Ensino de Física, área de concentração em Ensino de Física, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 8 de Outubro de 2018.

Prof. Dr. Frederico Augusto Toti	UNIFAL
Prof. Dr. Fábio Marineli	UFLA
Profa. Dra. Iraziet da Cunha Charret	UFLA
Prof. Dr. Ulisses Azevedo Leitão	UFLA

Prof. Dr. Ulisses Azevedo Leitão  
Orientador

Dra. Helena Libardi  
Co-Orientadora

**LAVRAS - MG  
2018**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por me dar forças para enfrentar cada etapa, cada dificuldade e ter a alegria de hoje finalizar mais um grande desafio. Ao meu marido Jales e filha Cecília, que mesmo me ausentando por certo tempo, nunca deixaram de me apoiar e dar forças para enfrentar cada desafio. Agradeço pelo carinho que tiveram comigo nas horas difíceis. Às minhas mães Iolanda e Cheila, e irmã Sueli por me apoiarem sempre. Agradecimento especial aos meus orientadores Ulisses A. Leitão e Helena Libardi, pela contribuição que me deram durante todo o trabalho, auxiliando-me sempre que precisei. Agradeço pela dedicação e paciência que tiveram comigo. A conclusão desse trabalho foi possível graças à disponibilidade de vocês para me orientar e me direcionar em minhas atividades. Agradeço aos meus colegas que deram suas contribuições, auxiliando nas atividades durante todo o curso. Em especial minha amiga Maria Emília, que esteve sempre ao meu lado compartilhando as dificuldades e colaborando muito para que eu conseguisse essa conquista. Aos professores do Mestrado Profissional em Ensino de Física, polo UFLA, que me deram suporte teórico e esperança de que eu poderia vencer mais essa etapa. Agradeço pelo tempo disponibilizado para me ajudar em minhas dificuldades. À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Ciências Exatas (DEX) e, ainda, à Sociedade Brasileira de Física (SBF) por disponibilizar o curso, possibilitando a realização do sonho de possuir o título de mestre.

*“... educação é aquilo que fica quando você  
esquece o que a escola ensinou ...”  
(Albert Einstein)*

## RESUMO

O uso de atividades experimentais em sala de aula possibilita interesse e desenvolvimento de habilidades, viabilizando melhor compreensão dos conceitos científicos, além de direcionar o entendimento sobre vários aspectos da ciência. Nesta perspectiva, este trabalho propõe uma sequência didática que adota como metodologia atividades experimentais investigativas, por meio da abordagem de temas como difração e interferência, visando à construção de materiais didáticos de fácil acesso. As atividades objetivam discutir sobre a determinação de estruturas cristalinas por difração de raios X, utilizando como analogia a difração da luz. A sequência didática foi aplicada em cinco etapas, constituídas por nove aulas, as quais foram desenvolvidas em uma escola pública em conjunto com alunos do terceiro ano do Ensino Médio. Os resultados obtidos durante as atividades foram avaliados tendo como referencial teórico a teoria dos perfis conceituais (MORTIMER; EL-HANI, 2014; MORTIMER, 2000), buscando indícios da evolução destes perfis conceituais, no que tange aos conceitos de estruturas cristalinas.

**Palavras-chave:** Atividades experimentais, difração da luz, estrutura cristalina, difração de raios X, sequência didática, perfil conceitual.

## ABSTRACT

The use of experimental activities in the classroom allows interest and development of skills, enabling better understanding of scientific concepts, as well as directing understanding about various aspects of science. In this perspective, this work proposes a didactic sequence that adopts investigative experimental activities as a methodology, through the approach of topics such as diffraction and interference, aiming at the construction of easily accessible didactic materials. The activities aim to discuss the determination of crystalline structures by X-ray diffraction, using as an analogy the diffraction of light. The didactic sequence was applied in four stages, constituted by nine classes, which were developed in a public school together with students of the third year of High School. The results obtained during the activities were evaluated using conceptual theory (MORTIMER; EL-HANI, 2014; MORTIMER, 2000) as a theoretical reference, searching for indications of the evolution of these conceptual profiles, regarding the concepts of crystalline structures.

**Keywords:** Experimental activities, light diffraction, crystal structure, X-ray diffraction, didactic sequence, conceptual profile.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 5.1 – Imagem da tabela de organização dos dados coletados para a análise da pesquisa. . . . .	47
Figura 5.2 – Imagem da tabela de organização dos dados coletados para a análise da pesquisa. . . . .	47
Figura 5.3 – Imagem da tabela de organização dos dados coletados para a análise da pesquisa. . . . .	48
Figura 5.4 – Níveis do desenvolvimento de habilidades do pensamento crítico . . . . .	52
Figura 6.1 – Ondas senoidais impressas em transparências para verificação da superposição de ondas. . . . .	65
Figura 6.2 – Foto do painel de cortiça utilizado para compreensão da interferência de ondas. . . . .	67
Figura 6.3 – Foto da figura de difração da luz na tela de um celular. . . . .	70
Figura 6.4 – Foto do modelo e discussão apresentada pelos estudantes do grupo 1 como justificativa para a difração da luz na tela de uma celular. . . . .	70
Figura 6.5 – Foto do modelo e discussão apresentada pelos estudantes do grupo 2 como explicação da difração da luz na tela de uma celular. . . . .	71
Figura 6.6 – Foto do modelo e discussão apresentados pelos estudantes do grupo 5 como explicação da difração da luz na tela de uma celular. . . . .	72

## LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Síntese da revisão bibliográfica. . . . .	17
Tabela 5.1 – Organização dos dados da pesquisa *R.O. – Registro Oral. . . . .	46
Tabela 6.1 – Objetivos, metodologias e estratégias de ensino da SD. . . . .	55
Tabela 6.2 – Exemplos de respostas dos estudantes referentes à atividade do painel de interferência e difração durante o desenvolvimento da atividade da sexta aula. D - indica a distância entre as fendas. $\lambda$ - indica o comprimento da onda. . . . .	68
Tabela 6.3 – Exemplos de respostas dos estudantes obtidas a partir do registro escrito sobre o desenvolvimento da atividade do painel de interferência e difração, da Etapa VI. . . . .	69
Tabela 7.1 – Exemplos de respostas dos estudantes transcritas a partir do registro escrito obtido durante desenvolvimento da primeira aula da Etapa I da SD. Referente ao questionamento sobre a divisão da barra de alumínio, que identifica definições sobre constituição da matéria. . . . .	78
Tabela 7.2 – Exemplos de respostas dos estudantes transcritas a partir do registro escrito obtido durante desenvolvimento da primeira aula da Etapa II da SD. Referente ao questionamento relacionando à máxima ampliação da barra de alumínio, que identifica definições sobre estrutura da matéria. . . . .	79
Tabela 7.3 – Exemplos de respostas dos estudantes transcritas a partir do registro escrito obtido durante desenvolvimento da primeira aula da Etapa I da SD. Referente ao questionamento sobre a divisão da barra de alumínio, que identifica definições sobre constituição da matéria. . . . .	80

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>14</b>
<b>2.1</b>	<b>Objetivo Geral</b>	<b>14</b>
<b>2.2</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>16</b>
<b>4</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>23</b>
<b>4.1</b>	<b>A Teoria do Perfil Conceitual</b>	<b>23</b>
<b>4.2</b>	<b>Construção de uma Perfil Conceitual</b>	<b>25</b>
<b>4.3</b>	<b>Categorização das zonas</b>	<b>27</b>
<b>4.4</b>	<b>Aplicação da teoria do Perfil Conceitual</b>	<b>28</b>
<b>4.5</b>	<b>Relacionando com a pesquisa</b>	<b>32</b>
<b>5</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>37</b>
<b>5.1</b>	<b>Cenário</b>	<b>37</b>
<b>5.2</b>	<b>Sujeitos da pesquisa</b>	<b>38</b>
<b>5.3</b>	<b>Metodologia de Pesquisa</b>	<b>41</b>
<b>5.3.1</b>	<b>Pesquisa qualitativa</b>	<b>42</b>
<b>5.3.2</b>	<b>Instrumentos de coleta de dados</b>	<b>43</b>
<b>5.3.3</b>	<b>Análise de dados</b>	<b>44</b>
<b>5.4</b>	<b>Metodologia e Estratégias de Ensino</b>	<b>48</b>
<b>6</b>	<b>SEQUÊNCIA DIDÁTICA: DESENVOLVIMENTO E PRIMEIRAS OBSER- VAÇÕES</b>	<b>54</b>
<b>6.1</b>	<b>Etapa I – Qual é o tamanho do átomo?</b>	<b>55</b>
<b>6.2</b>	<b>Etapa II – Estrutura Cristalina</b>	<b>57</b>
<b>6.3</b>	<b>Etapa III – Difração</b>	<b>62</b>
<b>6.4</b>	<b>Etapa IV – Entendendo A Difração</b>	<b>64</b>
<b>6.5</b>	<b>Etapa V – Aula expositiva</b>	<b>73</b>
<b>7</b>	<b>ANÁLISE DOS RESULTADOS</b>	<b>76</b>
<b>7.1</b>	<b>Concepções prévias dos estudantes referentes à estrutura da matéria</b>	<b>76</b>
<b>7.2</b>	<b>Concepções presentes na produção textual ao final da SD</b>	<b>83</b>
<b>7.3</b>	<b>Concepções seis meses depois...</b>	<b>86</b>
<b>8</b>	<b>CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>90</b>

	<b>REFERÊNCIAS . . . . .</b>	<b>93</b>
<b>A</b>	<b>APÊNDICE A - Sequência didática - Material do aluno . . . . .</b>	<b>96</b>
<b>B</b>	<b>APÊNDICE B - Relatório Experimental . . . . .</b>	<b>115</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As atividades experimentais têm sido indicadas como de grande potencialidade para o processo de ensino-aprendizagem (LUNETTA; HOFSTEIN; CLOUGH, 2007; CARVALHO, 2010; CARRIAZO, 2011; GIBIN; FILHO, 2016). As mesmas destacam-se, também, por serem parte de uma estratégia de ensino que vem sendo apontada, por professores e estudantes, como frutífera e ainda favorável para minimizar as dificuldades enfrentadas no Ensino de Física (ARAUJO; ABIB, 2003). De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM), a Física

tem uma maneira própria de lidar com o mundo, que se expressa não só através da forma como representa, descreve e escreve o real, mas sobretudo na busca de regularidades, na conceituação e quantificação das grandezas, na investigação dos fenômenos, no tipo de síntese que promove. Aprender essa maneira de lidar com o mundo envolve competências e habilidades específicas relacionadas à compreensão e investigação em Física (BRASIL, 2000a, p.24).

Assim, a atividade experimental pode auxiliar no desenvolvimento dessas competências e habilidades, pois proporciona ambientes que levam à investigação de fenômenos de forma prática e acessível. Nessa perspectiva, a atividade experimental, é defendida pelos PCNEM+, pois

permite ao estudante diferentes e concomitantes formas de percepção qualitativa e quantitativa, de manuseio, observação, confronto, dúvida e de construção conceitual. A experimentação permite ainda ao aluno a tomada de dados significativos, com as quais possa verificar ou propor hipóteses explicativas e, preferencialmente, fazer previsões sobre outras experiências não realizadas (BRASIL, 2000b, p.52).

Recentemente, As diretrizes curriculares estão em processo de reformulação, porém mesmo se tratando de mudanças profundas a atividade experimental continua sendo referenciada como parte essencial no Ensino de Física.

Uma maneira de desenvolver uma proposta que contemple uma aprendizagem efetiva é trabalhar com métodos que levem o estudante a refletir, levantar hipóteses e concluir elaborando suas concepções sobre o tema relacionado. A aprendizagem torna-se efetiva quando o estudante envolve-se no processo, de forma ativa, criando assim possibilidade para a construção própria do conhecimento (CHORNG-HAUR; UDALAGAMA; GEOK-QUEE, 2013).

Nessa perspectiva, a possibilidade de inserção de temas como a determinação de estruturas moleculares por difração de raios X pode ser facilmente viabilizada por meio de atividades

experimentais simples, utilizando a difração da luz como analogia à difração de raios X. A observação experimental da difração de luz em estruturas com parâmetros espaciais da ordem de dezenas de microns é hoje facilitada e acessível, devido ao desenvolvimento de lasers de estado sólido de baixo custo. O efeito visual impressionante da difração da luz branca incidindo sobre um CD é uma experiência que vem despertando muita atenção ao longo dos anos (PLANIN-SIC; CORONA; SLISKO, 2008). Ivanov e Nikolov (2011) relatam a possibilidade de realizar experiências demonstrativas de difração de luz de forma atrativa e motivadora, despertando o interesse dos estudantes para a Física.

A partir de analogias com estudos sobre fenômenos de difração e interferência da luz, o presente trabalho propõe a discussão do uso da difração de raios X na determinação de estruturas moleculares. Tendo em vista que realizar experimentos com a difração de raios X não é viável e nem seguro em um ambiente como uma sala de aula, optou-se então por uma proposta que utiliza a luz para demonstrar o fenômeno da difração.

As estruturas cristalinas são triplamente periódicas, regulares, e, para observar o efeito de difração com elas, a radiação incidente precisa ter um comprimento de onda comparável ao espaçamento entre seus elementos da rede, que é da ordem das distâncias interatômicas. Isto despertou a atenção de Max Von Laue, físico alemão, agraciado com o prêmio Nobel, 1914, por descobrir a difração de raios X. O interesse de Laue em estudar a difração em raios X, surgiu ao discutir aspectos da propagação da luz em cristais com P. P. Ewald que desenvolvia uma pesquisa para sua tese de doutorado relacionada ao assunto. Chamou a atenção de Laue a questão discutida por Ewald sobre o comportamento das ondas que são curtas em comparação às constantes de rede do espaçador. Na palestra de recebimento de prêmio nobel Max relata que foi surpreendido pela ideia de que o raios X pudessem ser difratados pelo cristal, pois, como já era conhecido, os cristais possuem redes na ordem de grandeza de  $10^{-8}$  cm e o comprimento de onda da radiação de raios X foi estimada Wien e Sommerfeld em  $10^{-9}$  cm. Nesse contexto, o uso da difração de raios X para o estudo de estrutura cristalina foi idealizado por Max Von Laue (LAUE, 1914). Na interpretação dos resultados experimentais de difração de Laue, demonstrou-se que os raios X são adequados para evidenciar as estruturas cristalinas, pois possuem comprimento de onda na mesma ordem que a distância interatômica. Logo, é uma importante técnica para o estudo de materiais, permitindo obter informações sobre sua estrutura cristalina. É possível, com esse método, identificar as posições atômicas das amostras investigadas, além das tensões e deformações na rede cristalina. Tal técnica é também utilizada para

identificar mudanças de fases estruturais. Um momento de grande relevância histórica para a humanidade foi a determinação da estrutura de dupla hélice da molécula de DNA proposta por James Watson e Francis Crick em 1953 (WATSON, 2005).

Assim como, ocorre a difração de raios X em estruturas cristalinas, a luz também pode ser difratada em estruturas que possuem espaçamento de ordem de grandeza de seu comprimento de onda. Vários materiais podem ser utilizados como rede de difração da luz. No produto da presente dissertação, explora-se a difração na tela de celular, vide atividade 9, no apêndice A. A luz ao incidir na tela do celular é difratada, pois o espaçamento de seus pixels é de ordem de micrômetros. Para elaborar as atividades visando o desenvolvimento da presente pesquisa foi realizada uma investigação por materiais a serem utilizados como rede difração da luz. O relatório dessa investigação é apresentado no apêndice B.

Nessa perspectiva a difração da luz é discutida como analogia a difração de raios X, mesmo sendo radiações com comprimento de ondas de ordem de grandeza diferente é possível entender o fenômeno.

Os temas difração e interferência da luz, de forma geral, não são vistos com o devido destaque no Ensino Médio (VICENZI, 2007). Às vezes são apenas apresentados sem serem demonstrados, apesar de sua importância para o entendimento de temas como o comportamento dual da luz.

O fenômeno da difração da luz é a propriedade de contornar obstáculos colocados em sua trajetória, opondo-se ao princípio de propagação retilínea. Ele ocorre também quando a luz atravessa fendas estreitas, da ordem do comprimento de onda da luz incidente, projetando, então, sobre um anteparo, regiões brilhantes ou escuras. Apesar de ser um fenômeno presente no nosso cotidiano, o seu entendimento para um estudante do Ensino Médio não é tão simples. Portanto, o uso de atividades experimentais auxilia nesse sentido.

A aprendizagem é possibilitada por interações em sala de aula, por meio de métodos que levem o estudante a compreensão do conhecimento científico. No entanto, aprender não significa romper com o conhecimento cotidiano, substituindo-o por ideias científicas, mas sim tomar consciência da multiplicidade de falar em diferentes contextos, sendo assim o significado das palavras são polissêmicos. Assim como é defendido por Mortimer e El-Hani (2014) em sua Teoria do Perfil Conceitual. (MORTIMER; EL-HANI, 2014) defende que o estudante deve aprender os conceitos científicos por meio interações discursivas em sala de aula além de tomar consciência da heterogeneidade dos modos de falar dependendo do contexto utilizado. Para

isso o perfil conceitual de determinado conceito é dividido em zonas que dialogam com essa multiplicidades de significados em cada contexto. Não se trata de substituição do conhecimento prévio pelo científico e sim saber a distinção entre eles, dependendo do contexto aplicado.

Na perspectiva do que foi exposto, o presente trabalho apresenta a estrutura de uma sequência didática (SD) para o Ensino Médio, utilizando a metodologia de práticas experimentais com o objetivo de investigar a evolução do perfil conceitual de átomo e estrutura molecular, referenciando as ideias de Mortimer (MORTIMER, 2000; MORTIMER; EL-HANI, 2014). A SD é constituída por nove aulas que utilizam-se de questionários, discussões, textos, atividades experimentais investigativas e aulas expositivas. Para a coleta de dados foram utilizados instrumentos como gravações em áudio, roteiros dos estudantes, diário de campo e entrevista.

## 2 OBJETIVOS

A presente pesquisa tem por intuito investigar como os estudantes evoluem a concepção de átomo e seu papel na constituição da matéria e como compreendem a estrutura cristalina diante da impossibilidade de visualização direta dos átomos. Nessa perspectiva, pode-se questionar: em que medida a Sequência Didática promove a evolução do perfil conceitual dos estudantes na compreensão da estrutura cristalina?

Com o intuito de discutir essas questões foram propostos os objetivos apresentados a seguir.

### 2.1 Objetivo Geral

Desenvolver, aplicar e analisar uma sequência didática utilizando atividades experimentais e investigativas, demonstrando a difração da luz como analogia para o estudo da caracterização da estrutura cristalina dos materiais a partir da difração de raios X.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Analisar a evolução do perfil conceitual de estruturas cristalinas, a partir das respostas dos estudantes às questões desenvolvidas durante a sequência didática.
- Desenvolver uma sequência didática utilizando a metodologia de atividades experimentais, que tenha como objetivo levar os estudantes a refletir sobre como os átomos se estruturam na matéria.
- Desenvolver um conjunto de demonstrações e atividades experimentais a fim de permitir que os estudantes elaborem o conceito de escala nanométrica.
- Discutir, a partir dos materiais elaborados, a limitação de visualização direta do átomo e o acesso a informações provindas de dimensões interatômicas.
- Discutir conceitualmente o comportamento da luz ao ser difratada, com o intuito de fazer uma analogia com a difração de raios X, e desenvolver a concepção dos estudantes sobre as estruturas cristalinas.

- Verificar como as concepções dos estudantes, relacionadas a estruturas cristalinas, evoluem por meio da elaboração de modelos próprios, utilizando materiais manipuláveis e/ou questionamentos orientados.
- Discutir, a partir da analogia com o fenômeno da difração da luz, o uso da difração de raios X como ferramenta para ter acesso à estrutura cristalina dos materiais.
- Discutir com os estudantes a importância histórica da difração de raios X para as pesquisas científicas, em especial na determinação da estrutura do DNA.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esta revisão teve por objetivo verificar as contribuições das pesquisas já realizadas relacionadas ao tema e à abordagem da pesquisa. Nessa perspectiva, são destacados alguns trabalhos acadêmicos encontrados por meio de consultas a periódicos nacionais, internacionais, teses e dissertações, representativos para a presente pesquisa.

Inicialmente, a busca foi relacionada exatamente ao Ensino de Física, em periódicos de grande circulação na área de ensino e educação, levando em conta que nesses é possível ter-se acesso a publicações de pesquisadores da área que relatam experiências vividas e várias propostas que são úteis para outras pesquisas e também são de livre acesso ao público por via da internet. São periódicos com relevante colocação no Qualis da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) em relação à classificação de periódicos. Porém, devido aos poucos resultados encontrados, relacionados à pesquisa, foram realizadas buscas em outros periódicos. Por isso, as buscas foram feitas nos seguintes periódicos: Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF), Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF), Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (RBPEC), Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Ensaio), Revista A Física na Escola, Revista Ciência e Educação, Investigações em Ensino de Ciências (IENCI), Revista Ciência e Ensino, Biblioteca Brasileira de Teses e Dissertações (IBICT), Physics Education (PE), Journal of The Nus Teaching Academy (JNTA) e American Journal of Physics (AJP).

Para o desenvolvimento do estudo com o objetivo de responder às questões orientadoras apresentadas, foram identificados como relevantes os seguintes temas:

- Analogia da difração da luz com a difração de raios X para determinação de estruturas da matéria;
- Atividades investigativas utilizando materiais de fácil acesso com o objetivo de demonstrar os fenômenos de interferência e difração da luz;
- Abordagem dos conceitos de estrutura cristalina.

A fim de pesquisar trabalhos mais recentes, a revisão foi realizada considerando apenas aqueles trabalhos publicados a partir de 2010 e que contivessem aspectos com potencial de contribuir de forma direta com a pesquisa. Para isso foram escolhidas algumas palavras-chaves a partir dos temas iniciais para servirem de parâmetros na busca. As palavras-chaves escolhidas envolvem os tópicos conceituais da área de física e também a metodologia utilizada no

desenvolvimento do produto. As palavras-chaves usadas foram: “difração”, “difração da luz”, “difração de raios X”, “determinação de estruturas”. Dos resultados obtidos a partir dessas palavras, analisou-se os trabalhos voltados para a sala de aula ou propostas para o Ensino de Física, buscando assim analisar quais atividades experimentais já haviam sido realizadas abordando o tema de difração e interferência.

A partir dos critérios estabelecidos para a pesquisa bibliográfica foram encontrados alguns artigos e/ou dissertações, os quais estão classificados na tabela 3.1, apresentada a seguir, sistematizando a revisão bibliográfica.

**Tabela 3.1** – Síntese da revisão bibliográfica.

Busca nos anos:	2010 a 2017	
	Encontrados	Selecionados (Ano)
Periódicos/Qualis		
RBEF/A1	18	2 (2010 e 2017)
CBEF/A2	3	1 (2017)
IBICT (BDTD)	6	1 (2016)
IENCI/A2	2	1 (2016)
Revista Física na Escola/B2	1	1 (2016)
Revista Ciência e educação/A1	0	
RBPEC/A2	0	
Revista Ensaio/A1	0	
Revista Ciências e ensino/ B1	0	
JNTA	1	1 (2013)
AJP	1	
P E/A1	1	
Total selecionados	7	

Dentre os trabalhos analisados, foram selecionados sete, os quais verificou-se terem relação direta com o tema da presente pesquisa. Estes foram lidos de forma mais aprofundada e encontram-se detalhados nessa revisão.

Tendo em vista a metodologia que será adotada nas atividades para o desenvolvimento da pesquisa – atividades experimentais e atividades investigativas –, considerou-se relevante verificar quais materiais já foram especificados em trabalhos acadêmicos para o estudo de difração e interferência, observando-se assim as metodologias que foram utilizadas nos trabalhos recentes, e, por meio dos resultados apresentados por eles, quais suas contribuições para o processo

de ensino-aprendizagem. Nessa perspectiva, o trabalho descreve as contribuições das pesquisas em relação ao tema em destaque.

Dentre os artigos encontrados, optou-se por citar aqueles que abordam a utilização de materiais simples e de fácil acesso, como a proposta apresentada por Catelli e Libardi (2010). Os autores propõem a construção de espectroscópios simples, até mesmo pelos próprios estudantes. Nesse contexto, sugerem o uso de um retroprojetor como fonte de luz, dotado de uma fenda circular como dispositivo de projeção de espectros, inferindo ainda utilizar o CD como rede de difração nesse dispositivo. Os autores detalham a montagem do experimento e as vantagens em utilizar-se o CD como recurso didático. Eles ainda defendem que a atividade pode contribuir para a participação ativa dos estudantes, despertando o interesse e a curiosidade ao levar materiais do uso cotidiano para a sala de aula. Além disso, relatam que o experimento produz imagens impressionantes a serem observadas, por isso atrai a atenção da turma.

Souza *et al.* (2015), também abordam a utilização de materiais bem simples e de fácil acesso. Os autores apresentam um experimento simples e de baixo custo para discutir a natureza ondulatória da luz e o limite de validade do modelo geométrico. Apresentam, também, uma técnica de medição das dimensões de alguns objetos utilizando a difração da luz, comparando as medidas com as obtidas utilizando-se o micrômetro e o microscópio confocal interferométrico. Os autores consideraram o experimento viável para estimar as dimensões de ordens de grandezas comparáveis às do comprimento de onda da luz e relataram a possibilidade de utilizá-lo para fins didáticos, considerando a relevância de se compreender a natureza da luz para entender vários fenômenos que não são explicados pela óptica geométrica.

Bravo e Pesa (2016) apresentam resultados de uma investigação envolvendo conceitos de interferência e difração da luz mediante o desenvolvimento de uma proposta didática para estudantes da licenciatura de física. Durante o desenvolvimento da proposta é observada a evolução das concepções dos estudantes.

Segundo os autores, a investigação tem foco no desenvolvimento cognitivo do estudante durante a proposta didática, estuda a evolução da aprendizagem a partir do desenvolvimento de situações experimentais de ordem crescente de complexidade, e permite desenvolver situações-problemas e situações-experimentais para a compreensão de concepções de difração e interferência da luz.

Os autores concluem que todos os estudantes demonstram o desenvolvimento da maioria das competências expostas como objetivo de aprendizagem na proposta didática.

Foi analisado também o trabalho de Dantas (2016) que apresenta uma sequência didática abordando os fenômenos de difração, interferência e polarização da luz, utilizando as imagens holográficas como tema gerador para o desenvolvimento das atividades.

A sequência foi desenvolvida para estudantes do segundo ano do Ensino Médio regular matutino de uma escola estadual localizada na cidade de Uberlândia-MG. Fundamentada na teoria dos campos conceituais de Vergnaud, constitui-se de situações diversificadas, permitindo aos estudantes vivenciá-las e dominá-las progressivamente.

As atividades são desenvolvidas em 16 aulas divididas num questionário prévio, aulas expositivas, resolução de problemas envolvendo os conceitos iniciais sobre ondulatória, questionários abertos, texto didático sobre polarização, demonstração de materiais (óculos 3D), atividade demonstrativa sobre polarização (peneira com malha paralela, sobre a qual são soltos palitos), simulações sobre interferência, atividade de difração sonora, simulação de difração de ondas na superfície da água e ondas de rádio e vídeo sobre a difração de um fio de cabelo. Finalizando, retomou-se o conceito de polarização, mostrando que o mesmo é bastante usado nas projeções 3D dos cinemas atuais e apresentada a holografia. As atividades também explicitam como ocorre o processo para a criação do registro holográfico e contaram com a exibição de imagens de um projetor de hologramas e as imagens geradas por ele.

Os resultados apontam que as atividades propostas na sequência didática promoveram participação e envolvimento efetivo dos estudantes. Apresentam, ainda, que a maioria dos estudantes não compreendeu o processo de criação das imagens holográficas (o que seria de se esperar dada a sua complexidade), porém as respostas aos questionários indicam uma compreensão das características das ondas e dos fenômenos ondulatórios de interesse.

Jardim (2016) apresenta uma estratégia de ensino que foi desenvolvida em uma escola pública para a turma do terceiro ano do Ensino Médio para discutir a natureza da luz utilizando uma abordagem apoiada na história da ciência. O autor discute, com os estudantes, as teorias ópticas de Newton e Huygens e seus desdobramentos para introduzir qualitativamente conceitos de difração e interferência de ondas.

Após a apresentação das teorias, corpuscular e ondulatória, e discussões, que não tiveram o objetivo de defender nenhuma das propostas e sim de destacar as divergências e não linearidade na ciência, foram discutidos os fenômenos da difração e interferência e assim os estudantes formularam resposta mais próximas às aceitas cientificamente sobre a natureza da luz. Para discutir a difração de ondas, o autor exhibe, para os estudantes, por meio de projeção por

data show, o programa Google Earth, para que os estudantes visualizem o fenômeno ocorrendo com ondas na água. Este explora o conceito de difração e também que a largura da fenda deve ser da ordem de grandeza do comprimento de onda para que ocorra.

Após a análise de várias imagens demonstrando o fenômeno, foi discutida a experiência da dupla fenda de Thomas Young. Para reproduzir a ideia defendida por Thomas Young foi realizado o experimento da luz de um laser ao passar por um fio de cabelo, sendo que, ao discutir os conceitos de difração e interferência da luz, os estudantes chegaram à conclusão de que não podem explicar esses fenômenos se a luz for constituída por corpúsculos.

O autor conclui que a sequência de aulas proporcionou interesse nos estudantes e se mostrou muito enriquecedora para a sala de aula, principalmente por causa dos recursos utilizados, os quais possibilitaram aos estudantes interagirem de forma efetiva durante as atividades, facilitando a compreensão dos temas abordados.

Por fim, o trabalho de Xavier Junior (2017), também é voltado para busca de materiais adequados e de baixo custo para experimentação. O objetivo do trabalho é identificar as linhas escuras vistas na imagem e associá-las a um comprimento de onda, usando software livre. O autor apresenta uma montagem, detalhada, para a construção de uma máscara espectrográfica adaptável à objetiva de uma câmera, a fim de se capturar espectros usando redes de CD ou DVD. O trabalho relata a relevância de se obter materiais de fácil acesso e baixo custo, justificando que as redes de difração são dispositivos caros e que exigem cuidados no manuseio.

O autor apresenta como é possível obter a difração da luz por meio da superfície de um CD ou DVD, por causa dos inúmeros sulcos com certa densidade por milímetro. Ele apresenta imagens da difração da luz obtida pelo CD.

A máscara espectrográfica é um suporte feito em cartolina em que a “rede improvisada” é colocada na frente da objetiva de uma câmera (cita qual deve ser a câmera mais adequada). São expostas fotos da montagem e do espectro da luz do sol.

Como conclusão do estudo, o autor expõe que a substituição das redes de difração por CDs não é cem por cento aprovada, pois os mesmos não obtêm o comprimento de onda corretamente.

Outro tema dessa revisão bibliográfica realizada está associado com o que as pesquisas em ensino apresentam em relação a conceitos referentes à estrutura da matéria. Para a descrição dos fenômenos de difração e de interferência, trabalhou-se com escalas da ordem das dimensões

do comprimento de onda da radiação de raios X, isto é, escalas micro ou nanométricas. Nesse contexto, foi encontrado um artigo de grande relevância para o trabalho.

O artigo de Chorng-Haur, Udalagama e Geok-Quee (2013) apresenta um método para ajudar o estudante a desenvolver uma visão sobre a estrutura cristalina. Eles justificam o método considerando que na atividade experimental o estudante participa ativamente, proporcionando-lhe uma melhor aprendizagem. Defendem a manipulação dos objetos da demonstração, como as atividades de investigação e exploração. Relatam, também, a dificuldade encontrada pelos estudantes em construir uma concepção sobre as estruturas de um cristal. Os autores projetaram uma discussão sobre como os átomos podem juntar-se de uma maneira ordenada para formar um cristal. Nesta discussão os estudantes deveriam simular a criação de estruturas cristalinas empilhando bolas de tênis em uma caixa resistente e transparente. Cada estudante recebeu uma caixa onde deveria empilhar bolas de tênis de acordo com diferentes configurações e sequências. Dessa forma, os estudantes criaram um arranjo ordenado das bolas de tênis, formando diferentes tipos de estruturas, semelhantes ao arranjo de átomos. Assim foi fácil visualizar estas estruturas em três dimensões. Após uma discussão sobre os tipos de estruturas, os estudantes foram convidados a observar as estruturas criadas na classe e descobrir quais características elas possuíam.

Os autores apresentam os resultados com base nas respostas dos estudantes às cinco questões estruturais para verificar a relevância da atividade. No geral, a técnica utilizada teve grande aprovação por parte dos estudantes, os quais alegaram que a visualização e identificação da estrutura cristalina foram facilitadas, possibilitando assim um melhor aprendizado.

Enfim, assim como outros tópicos de física, os temas difração e interferência são conceitos que não são de fácil entendimento para o estudante. Por isso o uso de estratégias de ensino que auxiliem na compreensão de tais conceitos é uma forma viável e muito utilizada. Entre as estratégias de ensino, como verificado nessa revisão, as atividades experimentais em sala de aula, tanto sendo demonstrativas quanto investigativas, são apresentadas como possuindo grande potencial. No estudo da difração e interferência foram encontradas abordagens com o uso de recursos de fácil acesso para o professor. Além disso, os trabalhos relatam que os experimentos despertam o interesse dos estudantes, pois utilizam-se de materiais que fazem parte da vivência deles.

Analisando de modo geral os trabalhos, todos que desenvolveram as propostas em sala de aula defendem as atividades experimentais como possuindo grande potencial para o processo de ensino-aprendizagem, levando o estudante ao envolvimento efetivo nas atividades.

Não pode-se deixar de citar que três dos trabalhos contidos nessa revisão apresentaram propostas que podem ser desenvolvidas em sala de aula. Mesmo que não tenham sido desenvolvidas em sala de aula, tais propostas possibilitam grandes contribuições em referência aos materiais para demonstrar os temas e fazem levantamentos de suas impressões, relatando a viabilidade de desenvolvimento da proposta.

Por meio desta revisão bibliográfica, fica evidenciada a relevância e a atualidade do tema, tanto no que se refere aos conceitos físicos quanto à metodologia das atividades experimentais.

## 4 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta etapa, em que é apresentado o referencial teórico da presente pesquisa, é detalhada a teoria de perfil conceitual referenciada nos trabalhos de Mortimer (MORTIMER, 1993; MORTIMER, 1996; MORTIMER, 2000; MORTIMER; EL-HANI, 2014), considerando que foram investigados indícios do perfil conceitual de estruturas cristalinas nas atividades desenvolvidas pelos estudantes, propostas na sequência didática.

### 4.1 A Teoria do Perfil Conceitual

Perfil conceitual é uma teoria proposta, em 1990, por Mortimer (1996), como uma ideia inicial guiada pelo perfil epistemológico de Bachelard, expressando a ideia de que as pessoas podem exibir diferentes formas de ver e representar o mundo, que são usadas em diferentes contextos. Inicialmente, Mortimer propõe um modelo alternativo para a mudança conceitual, contrabalançando uma forte tendência que as teorias e modelos de mudanças conceituais exibiam na época: o compromisso com a ideia de que os estudantes deveriam ser levados a abandonar o conhecimento cotidiano, seus conceitos anteriores e até mesmo os princípios relacionados às suas visões de mundo, tratadas apenas como obstáculos à aprendizagem de ciências. A teoria evoluiu por meio da incorporação de uma abordagem sociocultural e filosófica, tornando-se uma teoria do ensino e aprendizagem de conceitos científicos (MORTIMER; EL-HANI, 2014).

Mortimer (1996) refere-se à noção de perfil conceitual como um esquema geral que possibilita relacionar e diferenciar as concepções dos estudantes sobre os conceitos científicos estudados em sala de aula, fazendo um levantamento dessas concepções e elaborando um modelo para melhor compreender como elas ocorrem. Nessa perspectiva, é possível compreender a evolução das ideias dos estudantes, a evolução de um perfil de concepções. Isso não reflete necessariamente a substituição das ideias alternativas, mas sim saber diferenciar as ideias científicas das anteriores e aplicá-las em cada contexto de forma conveniente (MORTIMER, 1996).

Mortimer e El-Hani (2014) definem que

Os perfis conceituais são modelos de modos diferentes de ver e conceituar o mundo usado pelos indivíduos para significar sua experiência. (MORTIMER; EL-HANI, 2014, p.15).

Para cada conceito é elaborado um modelo de perfil conceitual, sendo este constituído de zonas que limitam o modo de pensar e representar o mundo ou suas concepções. As zonas

são utilizadas em contextos específicos e desenvolvidas partindo de aspectos ontológicos, epistemológicos e axiológicos implícitos ao discurso (MORTIMER; EL-HANI, 2014). Cada zona em um perfil conceitual expressa uma forma única de ver o mundo, diferindo das demais zonas.

Segundo estes teóricos, a construção de significados para conceitos científicos pode ser vista de duas formas: (i) pela ampliação da relevância de uma zona já presente no perfil conceitual, ou (ii) como uma agregação de novos modos de pensar a um perfil conceitual já existente do estudante. A aprendizagem pode se relacionar com a ampliação das concepções dos conceitos (agregação de novas zonas do perfil), possibilitando que o estudante perceba que o uso de determinadas concepções pode ser limitado em alguns contextos (MORTIMER, 1996). Em um contexto científico, as ideias que o estudante possui de suas vivências são insuficientes, mas relevantes. Nesse sentido, “as ideias prévias e alternativas dos estudantes desempenham um papel fundamental no processo de aprendizagem, uma vez que a aprendizagem só é possível com base no que o aluno já conhece” (MORTIMER, 1996).

Os perfis conceituais podem ser vistos como modelos da heterogeneidade dos modos de pensar disponíveis para pessoas com determinado meio cultural para uso em uma variedade de contextos (MORTIMER, 1996; MORTIMER, 2000). Os modos de pensar são tratados aqui como modos estáveis de conceituar um determinado tipo de experiência, atribuindo-lhe um significado social.

A proposta do perfil conceitual tem sua formulação baseada na heterogeneidade da forma de falar (MORTIMER; EL-HANI, 2014), isto é, os significados das palavras são muitas vezes polissêmicos, tanto para o conhecimento científico quanto para a linguagem cotidiana. Heterogeneidade de pensar significa que existem diferentes tipos de pensar e falar, não apenas uma forma única e homogênea. De acordo com Mortimer (2000), a noção do perfil conceitual indica que um conceito pode conter múltiplos significados que são agregados em zonas distintas. Tais zonas podem contemplar uma pluralidade de significados tanto no contexto científico quanto no cotidiano. Um conceito, no contexto científico, pode ter significados distintos para a visão clássica e contemporânea, como, por exemplo, o conceito de átomo. Na visão de Dalton, o átomo, unidade básica de constituição da matéria, é concebido como uma esfera rígida regida pelo comportamento clássico. Esta visão foi útil e continua sendo relevante no desenvolvimento da Teoria Cinética dos Gases. Na visão contemporânea, entretanto, o átomo passa a ser descrito como um objeto regido pelas leis da mecânica quântica, mais bem definido por equações matemáticas e não por modelos análogos ao mundo macroscópico.

Como já foi citado, é pertinente considerar que a heterogeneidade de pensar se revela não somente no conhecimento científico como também no cotidiano. Um conceito pode apresentar, nas vivências, significados que contradizem o conceito cientificamente aceito. Contudo, distintos significados de um conceito encerrados em zonas de um perfil conceitual podem ser acessados em contextos específicos. É um fator a ser aprendido pelo estudante sobre a heterogeneidade de pensar, de falar e a diversidade de aplicação do significado. Na vivência cotidiana, nem sempre usamos o significado científico de um conceito, e o estudante deve aprender isto. É importante construir o conceito cientificamente aceito e ter visão clara para diferenciar que nem sempre este será aplicado no cotidiano. Ou seja, o estudante precisa saber os limites e o contexto dos conceitos aprendidos. Por exemplo, o autor cita o significado do conceito de calor. No cotidiano, calor é sinônimo de temperatura e é considerado como uma substância. Por exemplo, ao entrar em uma loja, qualquer pessoa, mesmo tendo a concepção científica do conceito de calor, vai pedir um “casaco de lã quente”. Essa linguagem é utilizada para uma melhor comunicação, pois pedir “um casaco feito de um bom isolador térmico, o que impede o corpo de trocar calor com o meio ambiente” torna a comunicação mais difícil (MORTIMER; EL-HANI, 2014). Mortimer e El-Hani (2014) discutem dois pontos a serem considerados, em relação a exemplos como este: (1) o conhecimento científico não substitui a linguagem diária em todos os contextos; (2) o uso da linguagem é algo importante a ser considerado, sendo que está ligado diretamente aos modos de pensar e desempenha um papel fundamental na forma como lidamos com diferentes problemas em nossa vida diária. Não devemos questionar o valor da linguagem diária e nem da linguagem científica, pois ambos são relevantes, dependendo do contexto.

Nesse sentido, Mortimer propõe que o processo de aprendizagem se dá pela evolução do perfil conceitual e não exatamente como substituição das ideias já existentes, consideradas não científicas.

#### **4.2 Construção de uma Perfil Conceitual**

Mortimer e El-Hani (2014) defendem que o principal fundamento metodológico que direciona as pesquisas realizadas para identificar as possíveis zonas para construir um modelo de perfil conceitual específico reside na abordagem vygotskiana, na qual só é possível ter-se uma imagem completa da gênese de um conceito se este for estudado em diferentes domínios genéticos.

A construção de modelos de perfil baseia-se em várias fontes: estudos históricos e filosóficos, literatura sobre concepções alternativas, análises de livros didáticos e tratamento de dados primários sobre os pontos de vista dos estudantes, reunidos por questionários e entrevistas, bem como sobre interações discursivas em salas de aula de ciências. Usando estas fontes, nós investigamos três domínios genéticos de Vygotsky - sociocultural, ontogênico e microgênico (MORTIMER; EL-HANI, 2014, p.16).

Portanto, para a construção do perfil conceitual é relevante se aprofundar em como a gênese de um conceito ocorreu no domínio histórico e sociocultural, isto é, como evoluiu-se o entendimento sobre um determinado conceito ao longo da história da humanidade. É relevante, também, identificar na literatura relatos sobre como esse conceito é aprendido e como ele evolui por meio da história de cada assunto, lidando, neste caso, com o domínio ontogênico (MORTIMER; EL-HANI, 2014). Então, é necessário associar esses estudos em dois domínios com um terceiro domínio, o microgênico, que ocorre por meio da interação e expressão de ideias, geralmente em circunstâncias específicas, como, por exemplo, em uma sala de aula, em entrevistas ou em respostas a questionários (MORTIMER; EL-HANI, 2014). Considerando dados de todas essas origens, é possível identificar uma variedade de significados atribuídos a um conceito em diferentes contextos. Isto permite construir perfis conceituais que são modelos mais poderosos e férteis para retratar a heterogeneidade das formas de pensar e falar usadas em uma sociedade.

Fundamentados em Vygotsky, Mortimer e El-Hani (2014) discutem que o principal fator que proporciona o desenvolvimento em cada domínio nem sempre coincide, isto é, os estudos sobre esses vários domínios não devem ter como finalidade estabelecer qualquer paralelismo entre os conteúdos típicos de cada um, por exemplo, entre as ideias dos estudantes e as encontradas no contexto histórico.

O objetivo do estudo histórico é contribuir para a compreensão da gênese de um conceito no domínio sociocultural (MORTIMER; EL-HANI, 2014), possibilitando a sua relação com outros domínios e fornecer uma visão mais ampla dos processos de construção do conceito. Assim, estudos históricos orientam as possíveis vertentes seguidas para a construção e compreensão de um conceito, sendo relevante descrever as mudanças que ocorreram ao longo da história de sua construção e as dificuldades enfrentadas em seu histórico-gênese. Já os estudos epistemológicos auxiliam na compressão dos vários componentes envolvidos no sentido de um conceito, em particular quando eles fornecem análises filosóficas sobre isso (MORTIMER; EL-HANI, 2014). As concepções informais ou alternativas dos estudantes (MORTIMER; EL-

HANI, 2014), abordadas na literatura, podem representar como ocorreu o desenvolvimento do conceito na construção do conhecimento nas vivências dos estudantes. Nessa perspectiva, a literatura orienta escolhas de estratégias de ensino sobre um determinado conceito, pois dá acesso a ideias frequentemente usadas por estudantes em contextos variados.

A investigação das concepções informais dos estudantes por meio de questionários e entrevistas também revela dados relacionados à gênese de um conceito em domínio microgênico (MORTIMER; EL-HANI, 2014).

### **4.3 Categorização das zonas**

Mortimer e El-Hani (2014) sugerem procedimentos metodológicos distintos para a elaboração e aplicação do perfil conceitual de um determinado conceito. O primeiro tem por objetivo a determinação das zonas que podem ser usadas para construir um modelo de perfil para o conceito, necessariamente investigando diferentes domínios. O segundo, já com as zonas determinadas e o modelo perfil conceitual construído, realiza investigações sobre como as formas de pensar e os modos de falar relacionam-se com essas zonas e evoluem em uma determinada população (MORTIMER; EL-HANI, 2014).

Os modos de falar são expressões características de uma determinada zona conceitual que ajudam o analista a identificar exemplos dessas zonas em enunciados. Eles são úteis, portanto, na análise de questionários, entrevistas e aulas gravadas em vídeo, e podem ser usados para determinar as zonas que compõem um perfil conceitual e estudar a evolução da distribuição das zonas de um perfil previamente construído (MORTIMER; EL-HANI, 2014).

A análise das entrevistas é outro aspecto metodológico a ser considerado, relacionado à determinação das zonas constituintes a um modelo de perfil conceitual, em relevância de seu caráter dinâmico e naturalista, pois possibilita maior aprofundamento na coleta de dados e torna possível descobrir como os sujeitos da pesquisa se tornam conscientes de seu próprio perfil (MORTIMER; EL-HANI, 2014). Possibilita que os entrevistados tenham a oportunidade de expressar modos de pensar e falar para auxiliar na determinação de zonas para um perfil conceitual de um determinado conceito, argumentando de forma favorável ou contra as concepções expostas em situações durante as entrevistas.

As entrevistas possibilitam um maior aprofundamento na coleta de dados devido ao seu contexto discursivo mais rico em relação aos questionários, ao que Mortimer e El-Hani (2014) se referem como “tomar conhecimento do perfil conceitual ou, pelo menos, tomar conhecimento

de uma perturbação em relação às ideias originais que o sujeito tinha sobre um determinado perfil” (MORTIMER; EL-HANI, 2014).

#### 4.4 Aplicação da teoria do Perfil Conceitual

Os perfis conceituais são

... constituídos para um dado conceito e são constituídos por várias zonas, cada uma representando um modo particular de pensar sobre esse conceito, relacionado a um modo particular de falar (MORTIMER; EL-HANI, 2014, p.15).

Como aplicação à teoria discutida no presente referencial, Mortimer propõe alguns modelos de perfis conceituais. A proposta de cada modelo específico é construída por meio de estudos fundamentados na história da ciência, literatura sobre concepções alternativas e resultados de investigações próprias do autor em sala de aula.

Porém, para a presente proposta buscou-se destacar os modelos da Teoria do Perfil Conceitual de Mortimer que colaboram com a análise de dados da pesquisa. Assim são apresentadas nessa seção os modelos de perfis conceituais dos conceitos de átomo e de molécula (MORTIMER, 2000; MORTIMER; EL-HANI, 2014).

Após estudo e análise dos resultados disponibilizados na literatura sobre as concepções alternativas dos estudantes relacionados ao atomismo e estado físico da matéria, Mortimer propõe quatro zonas para o modelo de perfil conceitual de átomo, caracterizando diferentes concepções e modos de pensar dos estudantes.

A primeira zona tem por características concepções denominadas por Mortimer (2000) de **sensorialistas**. Relacionadas diretamente com a percepção sensorial da matéria e o conceito de estado físico ligado às aparências externas dos materiais. O sólido é duro, maciço e pode ser segurado com a mão. O líquido é mole, escorre, não pode ser segurado com a mão. O gás é algo que não pode se ver, tocar, nem sentir, algo que se espalha na atmosfera, é um líquido em evaporação. Relaciona a concepção de matéria contínua, negação de que é constituída por partículas, tendo como principal obstáculo para a construção do conceito a negação da possibilidade de existência de espaços vazios entre as partículas constituintes do material.

A segunda zona é denominada de **substancialista**. É característica dessa zona a concepção de que a matéria é constituída por partículas, cujas propriedades são as mesmas das substâncias, **atomismo substancialista**. Faz analogia do mundo macroscópico com o submicroscópico, sendo esse o principal obstáculo para o estudante cujas concepções podem ser

classificadas nessa zona. Também é característica da zona substancialista apresentar dificuldade em trabalhar com modelos, algo que pode se reverter assim que, se evolui nos conceitos. Relaciona os modelos como cópias da realidade, apresentando também concepção realista além de substancialista. Ao relacionar a concepção substancialista de que a matéria é constituída por partículas não significa que o estudante ultrapassou o obstáculo da zona sensorialista, ou seja, não é garantia de que acredite na existência de espaços entre as partículas.

Historicamente, o conceito de átomo, desenvolvido durante o século XIX, teve dificuldades iniciais para a aceitação por falta de provas empíricas para sua existência. Como, por exemplo, Faraday, cujos trabalhos empíricos trouxeram grandes contribuições ao desenvolvimento posterior do atomismo, opunha-se à hipótese atômica, tomando como base suas evidências empíricas. Acreditava não ser possível a explicação da condutividade dos materiais seguindo essa hipótese. Faraday imaginava que a eletricidade necessitava de meio contínuo para que pudesse fluir. Assim, ele questionava como o espaço poderia apresentar uma natureza dupla, sendo condutor nos corpos condutores e isolante nos corpos isolantes (MORTIMER, 2000). Essas dificuldades históricas da ciência auxiliam-nos a entender as dificuldades encontradas no processo de ensino, com a ausência de evidências empíricas para comprovação de que a matéria é constituída por partículas em movimento no espaço vazio.

Assim como a teoria atomista superou as dificuldades, o mesmo pode ocorrer na sala de aula. A superação dessa dificuldade e a do obstáculo como a impossibilidade de vazio entre as partículas não é questão a ser decidida por evidências empíricas, mas por argumentação racional utilizada pela cultura científica.

A terceira zona do perfil conceitual de átomo proposto por Mortimer corresponde à concepção do estudante de que a matéria se constitui de uma unidade básica que se conserva nas transformações químicas, concepção do **atomismo clássico**. O átomo é visto como uma partícula material com o comportamento regido pelas leis da mecânica, assim como qualquer outro material. As substâncias são constituídas por moléculas decorrentes da combinação de átomos, resultando em substâncias simples (átomos iguais) e em substâncias compostas (átomos diferentes).

As concepções dos estudantes, classificadas na zona do atomismo clássico, relaciona a construção de modelos para a explicação e não como cópias da realidade. É grande obstáculo para o estudante fazer essa transição de característica externa, fortemente ligada a aspectos

sensoriais, para característica interna, relacionada com modelos imaginários, pois ele relaciona a construção da concepção de modelo como algo similar à realidade.

No contexto desta zona, a organização e os movimentos das partículas atômicas são definidos pela Física Clássica. Segundo o modelo atomista, todo material é constituído por partículas que se arranjam de forma diferente em cada um dos estados da matéria e têm seus movimentos associados à sua energia cinética. Em estado sólido, os átomos estão arranjos de forma ordenada, por causa da forte interação entre as partículas que permanecem fixas em posições definidas num retículo cristalino, com apenas o movimento de vibração. Em estado líquido, as partículas também estão aglomeradas, mas desorganizadas em função da menor interação entre elas e apresentam, além da vibração, rotação e translação. Em estado gasoso, as partículas não estão aglomeradas e se encontram desorganizadas, pois a atração entre elas é mínima; as partículas nesse estado apresentam movimentos de vibração, rotação e translação.

O atomismo clássico tem algumas características realistas e substancialistas, pois ele considera o átomo como bloco básico do qual a substância é feita. A diferença é que na visão atomista clássica não se pode atribuir as características da substância aos átomos.

Mortimer considera o ensino como a mudança de perfil conceitual e não como substituição de noções errôneas por conceitos científicos. Por isso Mortimer (2000) defende a necessidade de ensinar esses conceitos intermediários, como o atomismo clássico, pois é uma forma de o estudante superar os obstáculos epistemológicos, verificando que algumas teorias mostram um avanço na compreensão do universo, mas não explicam novos problemas. Dessa forma, infere-se que para entender conceitos mais avançados é necessário compreender os estágios da evolução desses conceitos.

A quarta zona é caracterizada pela forma de pensar que envolve a concepção quântica do átomo. A visão clássica tem sua transição para a visão quântica, que surge da teoria quântica com forte ruptura do conceito mecanicista do átomo. O átomo é um tipo de objeto, não mais descrito por modelos ou analogias com a realidade macroscópica e sim por equações matemáticas. Importante para a sua compreensão é o Princípio da Incerteza de Heisenberg, que não permite mais a identificação simultânea da posição e velocidade de uma partícula. Assim, a ideia do modelo de Rutherford de um átomo como um pequeno sistema planetário dá lugar ao conceito de estado quântico e orbitais atômicos (MORTIMER; EL-HANI, 2014).

Na construção do modelo de um perfil conceitual de molécula e estrutura molecular, Mortimer e El-Hani (2014) analisam as contribuições do domínio sociocultural, relatando como

o conceito de molécula evolui no domínio sociocultural, identificando suas raízes genéticas. Também analisam os contextos de aplicação de cada zona conceitual, tentando estabelecer consequências epistemológicas e ontológicas de cada zona para o desenvolvimento da Química.

A seguir é feita uma descrição, de forma sucinta, expondo as zonas do perfil conceitual de molécula, elaboradas por Mortimer e El-Hani (2014).

A primeira zona do perfil conceitual é definida como “**primeiros princípios**”. Essa zona é caracterizada por concepções fundamentadas em estudos da história da ciência. Baseando-se em concepções iniciais sobre a matéria, como as aristotélicas de que tudo é constituído de algo, denominado de “princípios” não materiais, toda a matéria era formada por determinados elementos ou substâncias combinados entre si. Nessa zona são classificadas as concepções realista e sensorialista dos estudantes. O modo de pensar envolve as percepções, sensações e intuições imediatas, baseadas no conhecimento empírico e nas interpretações pessoais.

Mortimer denomina a segunda zona do modelo do perfil conceitual de molécula como **substancialista**. Segundo ele, o substancialismo ainda é presente na linguagem química, o que, muitas vezes, gera confusão nas ideias formuladas pelos estudantes. Ao procurar pela definição de molécula em manuais e dicionários, encontra-se como significado, algo que retém todas as propriedades da substância original (MORTIMER; EL-HANI, 2014). Nessa zona, o estudante tem a ideia de que a matéria é formada por partículas, porém as relaciona com esferas ou grãos que possuem as mesmas propriedades do mundo visível. Predomina um conceito científico do átomo ainda não formado, principalmente ao fazer essa comparação no mundo macroscópico e microscópico. Segundo Mortimer, ao retornar a história da ciência, percebe-se que essas são as primeiras concepções construídas sobre moléculas. O principal obstáculo epistemológico desta zona são essas concepções substancialistas e, ainda, não há garantia de que o estudante acredite na existência do vácuo entre as partículas constituintes da matéria.

A terceira zona relaciona concepções de como os átomos se organizam de forma geométrica, **estrutura molecular**. Considerando a visão clássica, a molécula é a menor parte da substância, unidade que pode ser dividida sem alterar suas propriedades químicas. Da mesma forma, as propriedades e todas as diferenças que percebemos em qualquer material dependem da quantidade e do tipo de átomos, e da maneira como são combinados para formar a molécula; isto também é um conceito clássico. Essa visão clássica é obtida com base na gênese do conceito de molécula de acordo com a história da ciência.

A quarta zona do perfil de molécula apresenta a visão presente na Química Moderna, que traz características da estrutura molecular que impedem a concepção de geometria única, como é a visão clássica.

A seguir é relacionada a Teoria do Perfil Conceitual com a presente pesquisa, para organizar a melhor e mais adequada análise da investigativa.

#### **4.5 Relacionando com a pesquisa**

Como foi exposto, tanto o modelo do perfil conceitual para átomo quanto o modelo para molécula proposto por Mortimer têm foco no Ensino de Química. Assim, existem algumas inconsistências ao se aplicar sua proposta à análise desta pesquisa. Ao dar ênfase aos conceitos relacionados a reações químicas e ligações químicas, bem como às propriedades químicas dos materiais, torna-se perceptível que a proposta de perfil de Mortimer não se aplica ao foco da atual investigação.

Se faz necessária a construção de um perfil conceitual para a estrutura cristalina em um contexto voltado para o Ensino de Física. Entretanto, este objetivo extrapola as possibilidades da presente investigação. Sendo assim, inicialmente, foram utilizados os perfis conceituais de átomo e de molécula de Mortimer para analisar os dados da pesquisa e buscar identificar as concepções dos estudantes e sua forma de pensar, relacionando-as com as zonas de perfil conceitual relevantes a este propósito. Mesmo que a Física e a Química tenham o mesmo objeto de investigação, elas apresentam modos de abordar o estudo em vertentes diferentes.

Um exemplo que podemos destacar é a preocupação em descrever as transformações químicas. Este é um foco do ensino de Química, mas que não se configura como relevante ao Ensino de Física.

Outro exemplo que podemos citar está relacionado à zona substancialista do perfil conceitual de molécula, que é caracterizada pelo modo de pensar em que as moléculas são descritas como algo que se dilata e contrai, isto é, possuem o comportamento do mundo macroscópico. Esta concepção, embora relevante ao Ensino de Física em geral, não é relevante para o presente estudo, pois não é seu objetivo analisar as propriedades específicas da matéria.

A presente pesquisa, com foco no Ensino da Física, tem por finalidade identificar concepções relacionadas à estrutura da matéria, à organização dos átomos para formar um cristal e suas propriedades cristalográficas. Tem-se ainda o propósito de levar o estudante a refletir

sobre uma das formas utilizadas para obter informações sobre estruturas da matéria: a difração de raios X.

É pertinente reafirmar aqui que o objetivo da pesquisa não é a elaboração de um perfil conceitual relacionado à estrutura da matéria com enfoque no Ensino de Física, pois a construção de um perfil conceitual de um determinado conceito é um trabalho complexo e que demanda muito tempo, não sendo possível desenvolvê-lo no contexto de uma dissertação de mestrado. Assim, pretende-se seguir os perfis conceituais de molécula (MORTIMER; EL-HANI, 2014) e de átomo (MORTIMER, 2000; MORTIMER, 1993), como guias, fornecendo a orientação para a análise dos dados da presente pesquisa. Acredita-se que os resultados do presente estudo possam, futuramente, subsidiar uma reestruturação da proposta de perfil conceitual que seja, então, mais adequada ao contexto do Ensino de Física.

A seguir o trabalho propõe a conexão entre a Teoria do Perfil Conceitual, os perfis conceituais de molécula (MORTIMER; EL-HANI, 2014) e de átomo (MORTIMER, 2000; MORTIMER, 1993), relacionando-os à presente pesquisa, voltando-se para o contexto da Física e demonstrando as inconsistências e pontos que se relacionam com a investigação.

Não foi possível identificar uma relevância clara da primeira zona do perfil conceitual de molécula proposto pelos autores, uma vez que não se viu, no contexto do Ensino de Física, a necessidade de se identificar os “primeiros princípios” que constituem a matéria. Tal concepção foi destacada pelos autores por se relacionar com a concepção de efeitos da matéria, que não se enquadram no foco do Ensino de Física.

Entretanto, foi possível perceber como relevante ao Ensino de Física a primeira zona do perfil conceitual de átomo proposta por Mortimer. A questão da matéria ser constituída de um *contínuum* ou ser constituída de átomos discretos é uma questão relevante no Ensino da Física em geral e, em particular, na presente pesquisa. Assim, identificou-se a primeira zona do perfil conceitual de estrutura da matéria como a forma de pensar em que a matéria se constitui em um *continuum*, sem uma estrutura atomística. Seguindo Mortimer (2000), denominou-se esta zona por **Zona Sensorialista**, tendo em vista o fato de que esta forma de pensar está associada à emergência da identificação da matéria pelos sentidos.

A zona substancialista do modelo dos perfis conceituais de átomo e molécula, envolve diretamente a energia das ligações químicas e estados da matéria, sendo muitas vezes, tratadas como substância, o que cria concepções diferenciadas do conhecimento científico. Essa zona

não é adequada ao contexto trabalhado na atual pesquisa, uma vez que este também não é o foco do Ensino de Física.

A terceira zona do perfil conceitual de átomo relaciona a concepção de que o átomo é a unidade básica da matéria. É um conceito relevante para a formação de conhecimentos científicos presentes na Física. Mesmo que para Mortimer essa zona refira-se à visão relacionada às propriedades químicas, pode-se relacioná-la igualmente ao contexto da Física. São classificadas nessa zona as concepções relacionadas ao **atomismo clássico**. Portanto, será relacionada aqui a visão da matéria sendo constituída por átomos.

Para o contexto da Física, ao relacionar a concepção de que a matéria é constituída por átomos, não fica garantido que o estudante tem o conceito de como os mesmos são estruturados para formar a matéria. Sendo assim, podemos relacionar a terceira zona do perfil conceitual de molécula nesse contexto. Essa zona é caracterizada por concepções que relacionam a organização cristalina dos átomos para formar diferentes propriedades de qualquer material, **estrutura molecular**. O contexto da Química relaciona como os átomos organizam-se para formar a molécula, dependendo da forma como são combinados, resultam em substâncias diferentes, com foco nas ligações químicas. No entanto, para a presente proposta é classificada, nessa zona, a concepção de como esses átomos podem se arranjar para formar a estrutura cristalina, não tendo foco nas reações químicas ou na simetria dos orbitais e suas ligações.

Como se pode perceber, os perfis conceituais de átomo e molécula propostos por Mortimer, mesmo que voltados para o Ensino da Química, evidenciam aspectos relacionados à presente pesquisa. Um exemplo que pode ser encontrado em nossa análise está na terceira aula, que trabalha diretamente a concepção de como os átomos se combinam para formar uma estrutura cristalina. Porém o entendimento das forças interatômicas que ligam dois ou mais átomos para formar uma molécula estável ou uma rede cristalina envolve conceitos da mecânica quântica.

A quarta zona do perfil conceitual de molécula proposta pelo autor se refere à visão quântica do sistema atômico. Essa discussão envolvendo o tratamento quântico do átomo, inicialmente não foi o foco da presente pesquisa. Porém, como será discutido nesse trabalho, posteriormente, ao analisar os dados apareceram questões que exigem a discussão quântica.

A matéria é formada por moléculas, que por sua vez são estruturas estáveis formadas pela associação de átomos. Quando dois átomos se aproximam, os elétrons de suas camadas internas permanecem fortemente ligados ao núcleo original e pouco são perturbados, enquanto que os elétrons das camadas mais afastadas do núcleo, por serem fracamente ligados ao átomo

são perturbados pelas partículas do sistema. Essa interação permite a ligação, proporcionando que os núcleos dos átomos se aproximem até atingir uma configuração mais estável, isto é energia potencial mais baixa. Nas ligações iônicas por exemplo, ocorre quando dois íons distintos separados exercem entre si forças coulombianas de atração. Sendo que, a energia potencial do sistema total decresce inicialmente quando a separação entre o íons é reduzida progressivamente. Sendo que, quando os íons se aproximam mais ainda os núcleos começam a se repelir. Assim, há uma força de repulsiva para pequenas distâncias interatômicas e uma força atrativa para distâncias maiores.

Como já foi citado, a análise do presente trabalho se restringiu em analisar o tratamento clássico, devido ao fato de inicialmente não perceber a importância de discutir assuntos da mecânica quântica. Sendo assim, a análise foi baseada nas concepções clássicas, porém durante o desenvolvimento da investigação percebemos a necessidade de acrescentar essa discussão, por isso, na versão final do produto educacional houve alteração para tal fins.

Enfim, a pesquisa tem como orientação as propostas dos perfis conceituais de molécula e átomo para formular categorias fomentando a análise em um contexto para o Ensino da Física.

Analisando os dados da presente investigação, evidencia-se características classificadas nas concepções presentes nos perfis conceituais de átomo e molécula que pode-se investigar o modo de pensar voltado para o Ensino de Física.

A seguir é relacionado como foram categorizadas as concepções e o modo de pensar que orientará a análise, seguindo o referencial, julgando os objetivos e a questão orientadora da pesquisa.

Na zona **sensorialista**, foram classificadas as concepções intuitivas de pensar o conceito de estrutura ou constituição da matéria, onde se encontra presente o modo de pensar na continuidade da matéria, associando a possibilidade de divisão infinita do material. As concepções intuitivas correspondem às concepções consideradas não científicas, apoiadas nas sensações imediatas.

Na zona que relaciona a **visão do atomismo clássico** proposta por Mortimer (2000) no perfil conceitual de átomo são agrupadas as concepções do átomo como a unidade básica da matéria, uma esfera rígida sujeita às leis da mecânica de Newton, como na proposta atomista de Dalton, no século XVIII e XIX.

Na zona que são classificadas as **concepções sobre a estrutura molecular**, está presente a visão da organização dos átomos para formar a matéria e a concepção de como eles podem

se estruturar em diferentes arranjos para formar a matéria. Em especial, a visão relacionada ao arranjo dos átomos para resultar em uma estrutura cristalina. É perceptível que foram classificadas nesta zona as concepções do átomo ainda como uma esfera de Dalton; a diferença é o avanço na concepção da organização e no reconhecimento das diferentes estruturas possíveis.

## 5 METODOLOGIA

Este capítulo descreve os aspectos metodológicos que envolvem tanto o desenvolvimento da SD quanto a análise realizada.

### 5.1 Cenário

A pesquisa foi desenvolvida em uma escola pública, na cidade de Lagoa da Prata, MG. É uma escola situada em um bairro periférico, com alto índice de violência, e funciona nos períodos matutino e vespertino, com Ensino Médio e Ensino Fundamental.

A referida instituição está em funcionamento há 46 anos, e, atualmente, conta com 1050 estudantes matriculados na educação básica. O Ensino Médio é composto por cinco turmas de primeiro ano, quatro de segundo ano e duas de terceiro ano. Percebe-se pela diferença no número de turmas entre o primeiro e terceiro ano do E.M., que há um grande índice de evasão escolar e há também um grande número de transferências de estudantes para o turno noturno – em outros colégios – para que estes possam trabalhar durante o dia. De forma geral, a escola recebe muitos estudantes que não visam continuar os estudos após o Ensino Médio.

Antes de iniciar o desenvolvimento da pesquisa, foi realizada uma reunião com a direção da escola e supervisão, relatando sobre a proposta de trabalho, apresentando o projeto e discutindo a relevância do mesmo. A pesquisa recebeu total apoio da comunidade escolar. Antes da execução das atividades foi reservada uma aula para falar aos estudantes sobre o projeto a ser desenvolvido, mostrando a relevância da participação dos mesmos na pesquisa e se eles realmente tinham intuito em colaborar. A turma ficou empolgada em iniciar as atividades.

A pretensão inicial era o desenvolvimento das atividades da SD entre 14 de Março de 2017 e 11 de abril de 2017. Essa data era conveniente, pois terminaria exatamente no final do 1º bimestre, antes de se iniciarem as avaliações bimestrais. Então, o segundo bimestre, transcorreria normalmente com o conteúdo do terceiro ano do Ensino Médio. Tal previsão foi feita de acordo com o calendário da escola. No entanto, houve paralisação seguida de greve com início do período estipulado: dia 15 de março de 2017. A previsão para o fim da greve era 17 de abril, mas com provável prorrogação até dia 28 de abril. Assim que as aulas fossem retomadas ocorreria a aplicação de um simulado na primeira semana. Depois disso, provavelmente após duas semanas de aula, haveria a aplicação das avaliações do primeiro bimestre – o que tomaria mais duas semanas. Logo ficaria impossível desenvolver as atividades antes das avaliações, o que inviabilizou a divisão da SD em duas partes.

Com todo esse imprevisto, havia a opção de começar o desenvolvimento das atividades no final do mês de maio. Com isso o término das atividades seria no final do mês de junho. Tal situação ocuparia o primeiro bimestre com revisão de ondulatória, depois o segundo bimestre ficaria quase todo para o desenvolvimento, restando apenas um mês de matéria referente ao terceiro ano do E.M. para as avaliações bimestrais. Seguindo essa linha, a autora da pesquisa teria pouco tempo para cumprir com o conteúdo programático para o terceiro ano do E.M..

Tendo em vista que a autora já havia sido programado todo um contexto para o desenvolvimento da SD, antes de iniciar o programa para tal ano, ficaria inviável reprogramar todo o conteúdo. Por causa desse fato, foi adotada a opção de desenvolver a SD durante o período de greve. Como programado, já haviam sido revistos os conceitos sobre ondulatória necessários para tal desenvolvimento. A turma foi convidada e comunicada sobre as atividades. Nesse convite foi transmitido para os estudantes sobre o compromisso e que caso optassem por não comparecer não ficariam prejudicados em questão de notas, mas se comparecessem, teriam que ter o compromisso de ir todos os quatro dias previstos.

As atividades tiveram início no dia 3 de abril de 2017 e se encerraram no dia 6 de abril de 2017. Compareceram 21 alunos durante os quatro dias, onde foram desenvolvidas duas atividades por dia nos três primeiros dias. No último dia, foram desenvolvidas duas aulas de 50 minutos e a produção textual, com duração de 50 minutos. Logo, no quarto dia foram desenvolvidas três atividades seguidas. O desenvolvimento transcorreu conforme o previsto e os alunos se mostraram comprometidos durante todas as atividades.

## **5.2 Sujeitos da pesquisa**

A proposta referente à presente pesquisa foi elaborada para abordar conceitos que podem ser trabalhados logo após o tópico de Ondas, que geralmente, é tema programático para o segundo ano do Ensino Médio. Assim como, também, a proposta pode ser trabalhada como suporte para a introdução ao ensino de Física Moderna, que são tópicos trabalhados no terceiro ano do Ensino Médio.

Na perspectiva de aplicar a proposta logo após os conceitos abordados para o segundo ano do Ensino Médio, no quarto bimestre do ano de 2016 foi trabalhado o tema 'ondas' com a pretensão de desenvolver atividades relacionadas ao projeto de mestrado logo em seguida. Porém, não foi possível, pois as atividades ainda estavam em processo de elaboração. Logo, a presente pesquisa foi realizada para a turma selecionada, porém no início do ano de 2017, antes

de se iniciar o conteúdo programático referente ao terceiro ano. Sendo assim, podendo logo em seguida servir de guia para introduzir assuntos relacionados à Física Moderna.

A turma pesquisada era constituída por 35 estudantes, sendo 16 do sexo masculino e 19 do sexo feminino, cursando o terceiro ano do Ensino Médio. Na turma, alguns estudantes apresentavam bom rendimento escolar e outros com dificuldades em formular os conceitos, mas a maioria apresentava médio rendimento escolar. Esse fato favoreceu a coleta de dados e uma avaliação com grandes contribuições para as conclusões da pesquisa, por ser voltada para o ensino e que tem como parte um produto que poderá ser desenvolvido em outras escolas. Em geral, os estudantes eram disciplinados e dispostos a desenvolver as atividades propostas em sala de aula, apesar de alguns conversarem muito e, algumas vezes, atrapalharem um pouco o desenvolvimento das atividades.

Eles estão acostumados com aulas mais tradicionais. Poucos professores são mais ousados em aulas diferenciadas. As atividades para os estudantes, provas, testes, simulados e exercícios, são, na maioria das vezes, de múltipla escolha. Com isso, os estudantes não possuem o hábito de escrever textos, expor suas concepções em uma produção textual. Mas, na reunião com a turma, foi abordado esse fato, pois é de extrema relevância esse tipo de atividade para a coleta e análise de dados. Quando foi citado o desenvolvimento do projeto, sem muitos detalhes, os estudantes ficaram entusiasmados e já perguntaram quando iriam começar.

Eu, agente pesquisador, trabalho nesta escola há aproximadamente 10 anos, e, em cargo efetivo com 24 horas/aulas semanais, desde 2014. Minhas turmas são de todos os anos do Ensino Médio.

Além da escola pública leciono também em uma instituição que visa preparar estudantes para vestibulares, ENEM e concursos.

Mesmo com essa jornada dupla de trabalho, ainda sendo mãe e esposa, resolvi, em 2015, me submeter à prova de seleção do Mestrado Profissional em Ensino de Física, polo UFLA. Desde quando me formei em Licenciatura em Física tinha o desejo de cursar o mestrado. Porém na época, em 2005, não era tão acessível pra mim, mas agora tenho emprego para arcar com as devidas despesas e também carro próprio para a viagem.

A possibilidade de conseguir esse curso foi facilitada por ser um mestrado profissional, podendo conciliar, de certa forma, o emprego e os estudos e também por ter sido disponibilizado em uma localização não tão próxima de casa, mas que daria, de forma tranquila, para trabalhar alguns horários, viajar e ainda assistir às aulas propostas pelo curso.

Então realizei a prova. Sendo aprovada, me submeti à apresentação do projeto. Para quem havia se formado há dez anos não foi fácil tentar elaborar um projeto para apresentar a uma banca de professores de uma universidade federal. Mas, enfim, apresentei e fui aprovada juntamente com seis colegas professores de Física. Iniciei o curso de mestrado no começo de 2016 com mais 5 dos colegas que haviam sido aprovados, pois um desistiu antes de iniciar o curso.

E qual foi minha expectativa para esse curso no início? Eu cheguei muito entusiasmada por retomar os estudos depois de tanto tempo, acomodada no mundo do trabalho. E devido à carga horária excessiva não temos tempo para fazer leituras e nos informar melhor do mundo das pesquisas em ensino. Então, a ideia inicial era que nesses dois anos eu estaria envolvida com assuntos novos no mundo da educação, assuntos estes que auxiliariam-me mais em minhas práticas.

Nas primeiras aulas, comecei a perceber que as minhas práticas estavam necessitando ser renovadas, sem dúvida. As discussões em cada aula modificavam meus pensamentos sobre o estudante e a sala de aula. As leituras que eu fazia, algumas já relacionadas à pesquisa, foram me direcionando e orientando para uma outra visão de aula. Então a teoria de que eu precisava me aperfeiçoar estava sendo mais que comprovada. Logo percebi que a opção de fazer o mestrado não foi só uma excelente escolha, mas a escolha necessária. Além das aulas que nos direcionavam a estudar sobre o Ensino de Física em sala de aula, tivemos aulas de conteúdos de Física, o que nos auxilia a adquirir e rever alguns conceitos.

Foi necessário conciliar dois turnos de trabalho, pois não tivemos ajuda de custo do programa. Com os trabalhos do mestrado e ainda as aulas toda semana, não foi uma tarefa muito fácil, mas foi, digamos, satisfatória. Muitas vezes pensei em desistir na metade do curso, mas com a ajuda dos colegas ou orientação dos professores eu me reorganizava e seguia em frente.

Ao final do curso eu faço uma reflexão de como o mestrado me ajudou na prática. Afinal, foi válido passar por tantos desafios?

O mestrado profissional me orientou em minhas práticas, mostrando novas estratégias e metodologias que fazem a diferença para o ensino-aprendizagem. Esse dois anos serviram para que eu modificasse toda a minha forma de trabalhar construída em dez anos de sala de aula. Apenas ouvindo experiências dos colegas e professores, discutindo sobre nossas práticas, fundamentando nas pesquisas sobre ensino, as leituras que foram feitas durante as aulas do curso

e para a presente pesquisa foram desenhando uma nova maneira de ensinar. Hoje, percebo o quanto minhas aulas se modificaram, realizando um planejamento mais sistematizado, voltado para as vivências do estudante, aproveitando suas concepções prévias e considerando suas concepções alternativas para auxiliar na aprendizagem dos conceitos.

De modo especial, a fundamentação teórica de nossa pesquisa, me levou a refletir muito sobre analisar como minhas aulas estavam sendo produtivas para a aprendizagem dos conceitos. Não significa que o estudante precisa abandonar suas concepções prévias e alternativas e sim deve entender que podemos conciliar as duas, sabendo qual é a cientificamente aceita e que o seu uso depende do contexto aplicado. Sem dúvida essas concepções que o estudante traz para a sala de aula podem nos auxiliar para fazê-lo entender o conceito científico.

Logo, posso dizer que o mestrado profissional me proporcionou uma oportunidade única de obter mais conhecimento para aplicar em minhas práticas e que já estou colhendo frutos ao perceber a aprendizagem em sala de aula acontecendo de forma mais tranquila. Uma oportunidade que não seria possível se fosse um mestrado acadêmico que teria aulas todos os dias.

Para obter o título de mestre é proposto o desenvolvimento de uma pesquisa. Aplicando tudo que foi aprendido no curso, foi desenvolvida uma sequência didática para fazer uma investigação atingindo os objetivos propostos inicialmente.

Fazer o projeto para realizar essa investigação foi o maior desafio enfrentado no curso. As minhas primeiras escritas, hoje percebo que eram tenebrosas, sem fundamentação. Hoje, tive grande progresso em relação a isso. Ainda tenho que melhorar muito, mas foram grandes avanços em relação à escrita e fundamentação da pesquisa.

Sempre me simpatizei em trabalhar com atividades experimentais. Devido a isso, para a pesquisa, intencionalmente, adotei as atividades experimentais como estratégias de ensino. Após o mestrado percebi o quão relevante é trabalhar essa estratégia com diferentes enfoques.

### **5.3 Metodologia de Pesquisa**

Nessa seção é apresentada a metodologia de pesquisa. Gil (2002) aponta a metodologia como uma etapa em que se discutem os procedimentos para o desenvolvimento da pesquisa, levando em consideração as peculiaridades de cada investigação. Ela deve descrever de forma detalhada como se pretende atingir os objetivos propostos; é o estudo sistemático e lógico dos métodos empregados, seus fundamentos e sua validade.

### 5.3.1 Pesquisa qualitativa

O trabalho tem enfoque em uma pesquisa de natureza qualitativa. Segundo GOLDENBERG (2004, p.14), a pesquisa envolve:

[...] a concepção de um tema de estudo, a coleta de dados, a apresentação de um relatório com os resultados e, em alguns casos, a aplicação dos resultados. Dois passos são necessários para o início da tarefa: a formulação do problema e a elaboração do projeto de pesquisa (GOLDENBERG, 2004, p.14).

É necessário ressaltar a relevância de se ter um problema bem formulado para o projeto de pesquisa, pois é a partir daí que se delimitam os objetivos a serem alcançados.

Na pesquisa qualitativa não se enfatiza a representatividade numérica, mas sim o aprofundamento da compreensão de um grupo social, de uma organização, etc. Aqueles que trabalham nessa abordagem recusam à ideia de um modelo único de pesquisa para todas as ciências. Não possui como pressuposto legitimar seus conhecimentos de forma quantitativa que os desdobrem em leis e explicações gerais (GOLDENBERG, 2004).

A pesquisa qualitativa considera a existência de uma relação dinâmica entre mundo real e sujeito. É descritiva e utiliza o método indutivo, isto é, busca perceber as ideias e concepções formuladas pelos envolvidos na investigação por meio da observação e descrição minuciosa. O processo é o foco principal. Favorece uma análise criteriosa dos processos por meio do estudo das ações individuais ou coletivas (MARTINS, 2004).

A análise envolve diferentes perspectivas, por meio da escolha de métodos devidamente apropriados, pontuando a reflexão do pesquisador sobre tais métodos como fundamento viável para sua pesquisa. Os resultados condizem com os métodos selecionados e aplicados, possibilitando uma revisão sobre os procedimentos (FLICK, 2009).

A pesquisa aqui apresentada, em uma perspectiva qualitativa, tem enfoque no perfil conceitual do conceito de estruturas cristalinas e sua evolução nos estudantes, desenvolvendo suas concepções sobre escalas interatômicas por meio do estudo da difração da luz como analogia à determinação de estruturas atômicas por difração de raios X. Está baseada no desenvolvimento de uma sequência didática, utilizando atividades experimentais investigativas por metodologia sendo complemento ao tópico de Física Ondulatória do Ensino Médio.

No desenvolvimento da pesquisa, propõe-se a coleta de dados por meio das atividades abordadas nas aulas da SD. Em cada etapa da pesquisa foi solicitado que o estudante entregasse sua atividade desenvolvida, servindo como fonte de coleta de dados. Também foi utilizado o diário de campo para registro de como transcorreram as atividades, assim como as primeiras

impressões da professora a respeito do comportamento da turma ao desenvolvê-las. Algumas aulas foram áudio gravadas para, posteriormente, serem transcritas e analisadas juntamente com os demais dados coletados.

### 5.3.2 Instrumentos de coleta de dados

A coleta de dados é a etapa em que se aplicam os instrumentos elaborados, seguindo os métodos adotados, com a finalidade de reunir dados para uma futura análise (MARCONI; LAKATOS, 2003). A validação dos resultados está diretamente relacionada à descrição criteriosa dos instrumentos de coleta de dados.

Toda pesquisa implica o levantamento de dados de variadas fontes, quaisquer que sejam os métodos ou técnicas empregadas. Esse material-fonte geral é útil não só por trazer conhecimentos que servem de back-ground ao campo de interesse, como também para evitar possíveis duplicações e/ou esforços desnecessários; pode, ainda, sugerir problemas e hipóteses e orientar para outras fontes de coleta (MARCONI; LAKATOS, 2003, p.174).

Para a coleta de dados da presente pesquisa foram utilizados modelos elaborados pelos estudantes, o diário de campo, os roteiros dos estudantes e as gravações (áudio) e entrevista.

O diário de campo da professora, os roteiros dos estudantes e a produção textual dos estudantes compõe o registro escrito da presente pesquisa.

O diário de campo é composto por anotações da professora sobre as ações dos estudantes, questionamentos, conflitos, dificuldades encontradas, entre outros fatores que influenciaram na coleta de dados durante o desenvolvimento da pesquisa.

O roteiro do estudante é constituído por perguntas seguindo o desenvolvimento da SD, que foram respondidas por escrito e sem a intervenção direta do pesquisador. Eram perguntas estratégicas visando atingir o objetivo da etapa da SD e responder à questão orientadora. Tais questões eram respondidas após a discussão de cada atividade ou no fim da aula.

A produção textual é o texto descritivo proposto na última aula da sequência didática, produzido pelos estudantes com o intuito de discutir sobre as questões orientadoras de cada etapa da SD.

Foram realizados também os registro orais, obtidos a partir das gravações de áudio das discussões durante o desenvolvimento das atividades, onde eram gravadas as intervenções dos grupos na elaboração dos modelos, captando as interações para melhor análise sobre as concepções dos estudantes. Assim foi também gravada a aula de fechamento da SD para captar as

intervenções dos estudantes durante a exposição. por meio das gravações pode-se ter uma análise melhor do processo de desenvolvimento das concepções e investigar indícios do desenvolvimento das zonas do perfil conceitual de estrutura cristalina. Essas gravações foram transcritas e separadas por planilhas para sua melhor localização, caso a autora precisasse retornar a algum ponto do registro.

Os modelos elaborados são ilustrações ou anotações que os estudantes fizeram para representar a difração na tela do celular e também a montagem na caixa transparente com as bolinhas de isopor, representando um modelo de estrutura cristalina. As ilustrações e anotações foram recolhidas pela professora. Aqui foram descritas algumas atividades que fazem parte da sequência didática que serão caracterizadas mais adiante.

A entrevista final foi realizada no mês de dezembro de 2017 com o intuito de verificar a apropriação dos conceitos a longo prazo. Foram realizadas perguntas estruturadas retomando os temas abordados; a mesma foi realizada de forma individual e oral, sendo gravada em áudio.

A seguir é descrito como foi realizada a análise dos dados coletados durante a pesquisa.

### **5.3.3 Análise de dados**

Para análise de dados da pesquisa foram realizadas algumas leituras sobre a Análise de Conteúdo (BARDIN, 1977; FLICK, 2009; FRANCO, 2005), em busca de métodos para organizar, sistematizar os dados coletados e fazer as interpretações e inferências necessárias para responder à pergunta orientadora da pesquisa, buscando atingir os objetivos previamente estipulados. Logo os métodos adotados para análise foram inspirados nessas leituras sobre análise de conteúdo.

A análise de conteúdo, além de poder englobar diferentes objetivos, apresenta-se como uma descrição de um conjunto de passos para ser formalizada e aplicada. A análise dos dados em questão será guiada por essa metodologia, não visando o uso preciso dos métodos nela contidos. Nessa perspectiva, este estudo descreve a seguir algumas etapas da análise de conteúdo que serviram como aporte para os passos da análise de acordo com as leituras feitas sobre a metodologia.

De acordo com Bardin (1977) a Análise de Conteúdo

[...] é um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, de indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens (BARDIN, 1977, p. 42).

Como método de investigação, a análise de conteúdo compreende procedimentos especiais para o processamento de dados coletados.

A análise dos dados engloba variadas etapas, com a finalidade de verificar a significação dos dados coletados (FLICK, 2009). A metodologia de análise de conteúdo é organizada em três fases: pré-análise, exploração do material, tratamento dos resultados (inferência e interpretação) (BARDIN, 1977).

Inspirado na teoria de análise de conteúdo, a seguir são apresentadas as etapas para a análise dos dados da presente pesquisa.

Para organizar todos os dados coletados, inicialmente foi feita a transcrição dos áudios gravados durante o desenvolvimento de algumas atividades. Para isso, os registros foram ouvidos várias vezes para que assim a pesquisa pudesse se apropriar das primeiras impressões que foram registradas também nas transcrições. Após os áudios serem transcritos, os mesmos foram separados por códigos e identificados em uma planilha, como mostra a tabela 5.1, para assim orientar a análise dos dados, facilitando a localização desse material, caso eles necessitassem ser retomados e ouvidos novamente.

Além dos registros orais também fazem parte da constituição dos dados da pesquisa os roteiros dos estudantes, registros escritos durante as atividades e as anotações da professora no diário de campo.

**Tabela 5.1** – Organização dos dados da pesquisa \*R.O. – Registro Oral.

Código	Tempo	Etapa	Descrição
R.O III	00:00:00 – 00:22:30	I	Medições, escalas.
R.O. IV	00:00:00 – 00:34:22	I	Medições com a régua graduada em nano.
R.O.V	00:00:00 – 00:34:20	II	Estrutura cristalina.
R.O.VI	00:00:00 – 00:53:28	III	Difração da luz do laser nos tecidos de serigrafia.
R.O.V II	00:00:00 – 00:04:36	IV	Apresentação dos modelos difração da luz do laser na tela do celular.
R.O.V III	00:00:00 – 00:27:00	V	AULA EXPOSITIVA.
RO IX	00:00:00 – 00:50:45	Entrevista final	Estudantes: JE, CE, GS, VN, SA.
RO X	00:00:00 – 00:06:20	Entrevista final	Estudante: AN.
RO XI	00:00:00 – 00:09:50	Entrevista final	Estudante: MP.
RO XII	00:00:00 – 1:00:17	Entrevista final	Estudantes: VT, IV, TH, IZ, LV, GH, AI, GI, MM.

Para organizar esses dados, inicialmente foi feita a primeira leitura para conhecer os dados e verificar como poderia-se estruturá-los para uma melhor análise. Em seguida, decidiu-se organizar os dados de todos os instrumentos de coleta em planilhas e tabelas em sequência das aulas. Para melhor orientação, em cada planilha foi definida a pergunta proposta, o assunto relacionado, os nomes dos sujeitos da pesquisa, os objetivos daquela atividade assim como as primeiras impressões do pesquisador, registradas no diário de campo.

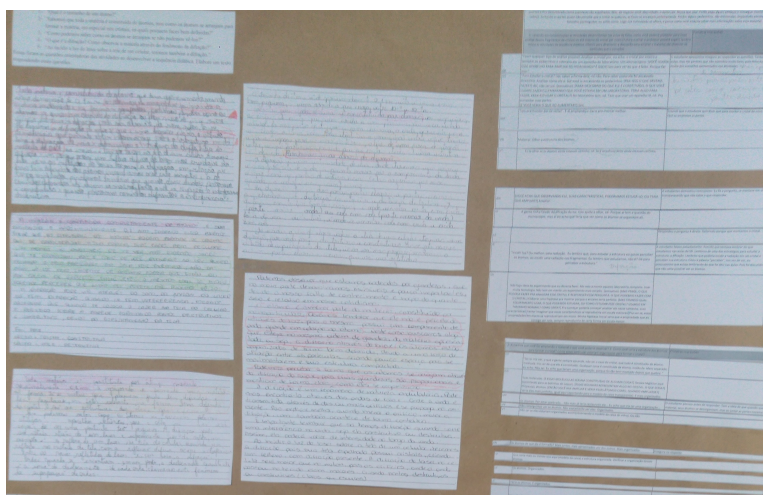
Com todos os dados coletados (respostas do roteiro do estudante, os modelos elaborados, alguns fragmentos da produção textual do estudante e entrevista final) e transcritos na tabela foi possível ter uma visão geral do material. A figura 5.1 mostra uma das planilhas de organização desses dados enquanto a figura 5.2 mostra um dos quadros onde foram colados os dados impressos nas tabelas.

**Figura 5.1** – Imagem da tabela de organização dos dados coletados para a análise da pesquisa.

Pergunta/assunto:				Primeiras impressões
Fundamentando nos estudos de física, química e biologia vamos fazer um suposição: peguei uma barra de alumínio, dividi ao meio, peguei a metade e dividi ao meio novamente. E fiz esse procedimento por várias vezes até quando seria possível dividi-la?				O estudante VT demonstrou acreditar que a matéria é algo infinito, caso consiga obter um aparelho para pegá-la, sempre vou conseguir partir a barra de alumínio, infinitas vezes.
Descrição/assunto:				O aluno JE apresentou a concepção de que a matéria é formada de átomo. Ao citar sobre essa partícula, foi perceptível que a turma logo lembrou das aulas de química e física e logo concordaram com a colega. Ao serem questionados se poderia dividir o átomo, apresentaram confusos. Os estudantes JE e IV demonstraram ter conhecimento da estrutura da matéria, fazendo repetições do que já haviam estudado em aulas de química. Percebemos a evolução da discussão com a turma.
Objetiva verificar a noção do estudante em relação a estrutura da matéria.				Iniciando de conceitos alternativos e elaborando uma concepção científica
Estudante	Transcrição	Localização	Instrumento	
VT	Uai, até onde eu conseguir pegar.	(3:12) R,O,III	Registro oral III	
[E se eu tiver um aparelho que possa dividir os pedaços muito pequenos?]				
VT	"Dai vai ficar menor, então você tem que arrumar outro aparelho para cortar menor."	(3:21) R,O,III	Registro oral III	
IV	"Vai chegar na última partícula"	(3:27)R,O,III	Registro oral III	

Logo, foi feita a impressão e organização de todo o material em quadro para a interpretação.

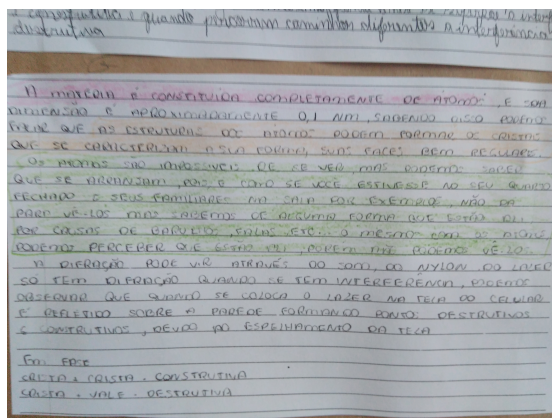
**Figura 5.2** – Imagem da tabela de organização dos dados coletados para a análise da pesquisa.



Após a organização dos dados foi realizada uma leitura minuciosa, em que foram elaborados alguns fragmentos textuais que caracterizavam algumas impressões e as primeiras interpretações, tendo sempre em mente os objetivos e a questão orientadora referente à investigativa, obtendo, assim, indicadores para delinear como interpretar o material em análise. Para uma interpretação que fosse condizente com a pesquisa foram destacados alguns trechos em cores diferentes de acordo com os conceitos abordados em cada atividade, distinguindo também categorias que se classificavam em zonas do perfil conceitual de átomo e estrutura da matéria. A figura 5.3 mostra um trecho da cópia do texto de um dos sujeitos analisados. Tais trechos foram destacados com cores diferentes.

Na etapa de Exploração do material foi feito um estudo mais minucioso com o objetivo de agregar e classificar as informações em categorias que expressassem significados aos dados analisados. A categorização foi feita identificando em cada registro algumas repetições, referenciadas nos objetivos da etapa em análise – já pré-estabelecidos. Como as tabelas e planilhas

**Figura 5.3** – Imagem da tabela de organização dos dados coletados para a análise da pesquisa.



seguem a sequência das atividades desenvolvidas as categorias foram elaboradas seguindo a ordem dos registros, com o objetivo de fazer um cruzamento dos dados para as devidas inferências e interpretações.

Como etapa final da análise foi feito o tratamento dos resultados, inferências e interpretações. Nesta etapa foi realizada a interpretação de todo o material organizado, verificando se os objetivos da pesquisa haviam sido ou não atingidos. Para isso, foram efetuadas comparações por meio da justaposição das diversas categorias existentes em cada análise, ressaltando tanto os aspectos considerados semelhantes quanto aqueles considerados diferentes. Inicialmente, a análise foi feita de aula em aula, verificando se o objetivo de cada aula fora atingido. Depois foi analisado o conjunto de dados de acordo com o referencial teórico proposto e a questão orientadora.

#### 5.4 Metodologia e Estratégias de Ensino

A sequência didática (SD) apresentada é uma proposta metodológica baseada em atividades investigativas e atividades experimentais investigativas para os temas de difração e interferência. São propostas discussões relacionadas à técnica de determinação de estruturas moleculares, como a de difração de raios X a partir de analogias com estudos sobre fenômenos da difração e da interferência da luz.

Neste contexto, utilizam-se experiências simples de difração da luz, demonstrativas, em caráter investigativo, assim como questões, objetivando a construção do conhecimento físico pelo estudante, tendo o professor o papel de orientador.

O uso de atividades experimentais em ciência é um método que pode proporcionar interesse e desenvolvimento de habilidades e ferramentas que visam uma melhor compreensão dos

conceitos científicos (LUNETTA; HOFSTEIN; CLOUGH, 2007). As experiências desenvolvidas pelos estudantes em sala de aula também podem direcionar o entendimento sobre aspectos do fazer científico, levando à compreensão dos conceitos.

Carvalho (2010, p.61) relata etapas relevantes para introduzir atividades experimentais em aulas que objetivam a aproximação do conhecimento científico, de maneira que o estudante tenha participação efetiva, discutindo, construindo suas hipóteses, argumentando e concluindo sobre o fenômeno estudado. o professor tem papel fundamental de orientador e instigador para o melhor desempenho da atividade, atingindo o objetivo.

Desejamos que essas atividades deem oportunidade para que os alunos, mesmo não conscientemente, superem as concepções empírico-indutivistas da Ciência. Podemos observar esse ponto tão importante observando se os alunos, ao procurarem resolver as questões (experimentais) propostas pelos professores, levantam hipóteses a partir de seus conhecimentos prévios, submetendo essas hipóteses a provas (CARVALHO, 2010, p.58).

Segundo a autora, é relevante levar em consideração cinco etapas para a proposição de atividades experimentais: proposta do problema experimental pelo professor (o estudante deve compreender o problema estabelecido), resolução do problema pelos estudantes (o professor observa, deixando os estudantes buscarem as possíveis soluções), apresentação do que os estudantes fizeram (etapa relevante na construção do conhecimento), sistematização (o professor formaliza os conceitos), escrita individual do relatório (etapa, também para enculturação científica) (CARVALHO, 2010).

A discussão entre professor e estudante é essencial para a verificação de como as concepções estão sendo construídas e se estão a caminho do conhecimento científico. O questionamento do professor perante essas concepções dos estudantes os fazem refletir e colocar suas ideias à prova.

Neste ponto é válido ressaltar o enorme desafio que consiste em criar um ambiente realmente investigativo no contexto de sala de aula. Segundo ARONS (1993).

“O problema é proporcionar aos alunos suficiente orientação socrática para levá-los à reflexão e à formação de ideias **próprias**, mas não tanto a ponto de dar tudo **de graça** e, assim, destruir a experiência intelectual do estudante. (Eu deliberadamente utilizo a palavra 'orientação' neste caso, para significar uma distinção entre esta abordagem metodológica e os modos mais convencionais de ensino por instrução e solicitação de respostas **corretas**)”. (ARONS, 1993, Tradução própria. Em negrito, palavras adicionadas ao traduzir para deixar mais claro os respectivos significados).

Segundo Carriazo (2011), a implementação de métodos investigativos, em especial os aplicados a situações experimentais de laboratório, tem sido utilizada

[...] como estratégia central em várias reformas no ensino de Ciências. O Laboratório Baseado na Investigação constitui atualmente uma linha de pesquisa em ensino de ciências em que um professor propõe a elaboração de conteúdos curriculares por meio de uma série de atividades e "situações-problema" decorrentes das questões de interesse do conteúdo que está sendo ministrado, assim encorajando-os a reconstruir seu próprio conhecimento. Esta metodologia com estilo de instrução aberta vem dentro do contexto em que o trabalho prático de laboratório é desenvolvido no contexto de uma abordagem laboratório-investigativa. Questões levantadas durante o desenvolvimento dos projetos representam uma boa abordagem para o trabalho científico. Eles estabelecem relação entre os conceitos teóricos e algumas aplicações práticas, ajudando a transferir conhecimentos adquiridos em sala de aula para situações do cotidiano, um aspecto interessante e essencial para a ligação do conhecimento escolar com a vida real dos alunos (CARRIAZO, 2011).

Existem vários tipos de atividades experimentais (GIBIN; FILHO, 2016), sendo que são nomeadas de maneiras diferentes, como aulas práticas, laboratório escolar, aulas de laboratórios, entre outros (CARVALHO, 2010). Segundo Gibin e Filho (2016, p.15) é relevante destacar alguns dos tipos de metodologias experimentais como: tradicionais, demonstrativas e investigativas.

As atividades experimentais tradicionais seguem roteiros, geralmente padronizados e fixos para os estudantes. por meio das orientações, expressas no roteiro para o desenvolvimento do experimento, os estudantes devem coletar dados, analisar e normalmente apresentar um relatório padronizado para o professor. Esse tipo de prática é utilizado para comprovação de dados, de forma que a precisão das medidas é de extrema importância. Os resultados que serão analisados já são esperados antes de se fazer a atividade, que consiste apenas na verificação.

As atividades demonstrativas são desenvolvidas pelo professor em aulas, geralmente para demonstrar um fenômeno natural ou uma teoria (GIBIN; FILHO, 2016). Elas têm por finalidade ilustrar o que está sendo ou que já foi estudado pelos discentes (CARVALHO, 2010). De acordo com Carvalho (2010), é essencial o professor fazer a demonstração investigativa, que pode ser a partir de uma problematização com o objetivo de despertar a curiosidade do estudante, criando oportunidade para que o mesmo questione, levante hipóteses e proponha soluções por meio da demonstração.

As atividades experimentais investigativas têm por finalidade desenvolver nos estudantes a criatividade e o pensamento crítico (GIBIN; FILHO, 2016). O estudante é agente ativo durante o desenvolvimento da aula, com total liberdade de questionar e expor suas conclusões. Nessa abordagem não se busca a resposta certa, o foco é investigar as possibilidades e concluir quais seriam as soluções viáveis e as causas disso.

Azevedo (2004) defende que as atividades investigativas, tanto experimentais quanto teóricas, são essenciais para levar os estudantes a desenvolverem suas concepções científicas, pois os aproximam do trabalho desenvolvido nos laboratórios de pesquisa. Quando não desenvolvidas as atividades baseadas em investigação, o estudante não tem a percepção do verdadeiro significado de ciência e como são formuladas as teorias em que se baseiam os estudos científicos.

As atividades experimentais poderão ser desenvolvidas a partir de um roteiro para orientação do professor e do estudante. Essas orientações poderão ser modificadas de acordo com o desenvolvimento da atividade e do interesse dos estudantes. Não é um roteiro fixo, como imposto nas atividades tradicionais, poderá se incrementar durante a discussão dos experimentos. Um fator a considerar nessas orientações é incluir questões investigativas que levem o estudante a pensar e elaborar suas próprias concepções ao observar ou desenvolver o experimento (AZEVEDO, 2004).

Para que uma atividade possa ser considerada de caráter investigativo, a ação do estudante não deve ser apenas de manipulação ou observação, ela deve também conter características de um trabalho científico: o aluno deve refletir, discutir, elaborar hipóteses, confrontá-las e concluir, o que dará ao seu trabalho as características de uma investigação científica (AZEVEDO, 2004).

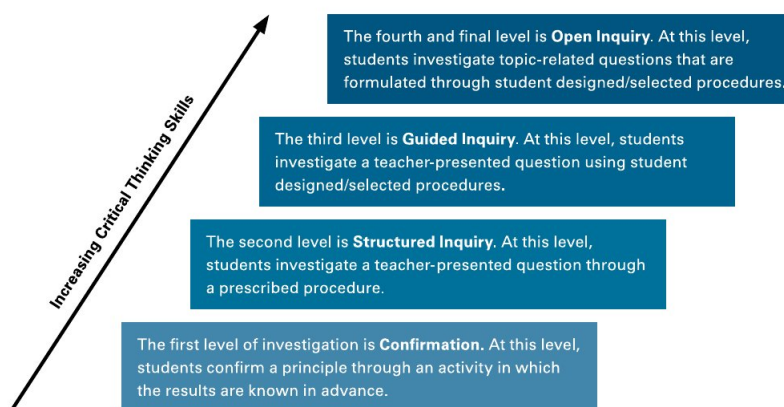
O uso da experimentação como metodologia de ensino se reflete também na habilidade de resolução de problemas, ou seja, organizar e planejar estratégias para coletar os dados e saber interpretar suas observações (CARVALHO, 2010). Quando os estudantes se envolvem em atividades investigativas, discutindo com os colegas e com o professor, eles trocam a linguagem oral e vivencial por uma linguagem científica, pois percebem a necessidade de termos científicos para expor suas concepções. Porém, isso somente é possível se houver reflexões por parte dos estudantes e discussões para que viabilizem suas formulações a respeito do experimento.

Os professores, geralmente, concordam que as atividades experimentais são relevantes no Ensino de Física, porém é perceptível que poucos realmente desenvolvem essa metodologia. Carvalho (2010, p.73) discute problemas enfrentados na realização das atividades experimentais. Primeiramente, os docentes relatam o fato de que essa metodologia demanda tempo considerável, sendo que, principalmente na rede pública, são apenas duas ou três aulas semanais, mas consideram uma prática viável, pois a mesma depende de um planejamento com objetivos bem específicos e experiências que auxiliem de forma a facilitar o desenvolvimento do conteúdo a ser ensinado. O autor relata também a dificuldade dos professores em encontrar materiais para as atividades. Indica materiais de baixo custo e da vivência dos estudantes, pois alega

que materiais mais sofisticados, além de terem alto custo, podem dificultar o entendimento dos fenômenos.

Sintetizando, na figura 5.4 são especificados níveis do desenvolvimento de habilidades do pensamento crítico durante a elaboração das atividades experimentais. Os níveis são graduativos quanto à liberdade que é estabelecida aos estudantes, potencializando o desenvolvimento do pensamento crítico.

**Figura 5.4** – Níveis do desenvolvimento de habilidades do pensamento crítico



(COLLEGEBOARD, 2015)

Fonte: Inquiry-Based Lab Investigations: A Teacher's Manual, CollegeBoard (2015).

No primeiro nível, a confirmação, os estudantes confirmam um princípio e o resultado é previsto anteriormente. Deve-se chegar ao resultado, logo não há nenhum grau de liberdade para a atividade investigativa.

No segundo nível são estabelecidos procedimentos estruturados pelo professor para que os estudantes os sigam. Este nível tem um pouco mais de grau de liberdade que o primeiro, pois o resultado não é previsto anteriormente. Porém, os estudantes devem seguir procedimentos para a orientação da atividade.

No terceiro nível é apresentada um pouco mais de liberdade ao estudante em relação aos dois anteriores. Neste nível, os estudantes utilizam procedimentos para guiar ou orientar a atividade; logo, é apenas um guia, não prescrições que devem ser necessariamente seguidas.

O quarto nível apresenta total grau de liberdade aos estudantes em realizar as investigações. É o nível da investigação aberta, onde os procedimentos são previstos pelo próprio estudante para se chegar às conclusões.

As atividades desenvolvidas para esta pesquisa se enquadram no segundo e terceiro níveis. O primeiro não corresponde às nossas atividades, pois foram utilizadas atividades in-

investigativas e não para confirmação de princípios. Já o último nível não foi utilizado, pois as atividades são especificadas para estudantes do Ensino Médio e talvez os mesmos não tivessem maturidade suficiente para desenvolver a atividade e conseguir formular suas próprias concepções.

## 6 SEQUÊNCIA DIDÁTICA: DESENVOLVIMENTO E PRIMEIRAS OBSERVAÇÕES

Neste capítulo é apresentada a sequência didática desenvolvida com o intuito promover a aprendizagem de conceitos relacionados à estrutura cristalina e as discussões das primeiras observações.

Assim, são apresentadas a seguir as estratégias utilizadas em cada aula da SD. Com base na metodologia de atividades investigativas foram elaboradas questões que norteiam o desenvolvimento das atividades durante a SD. Algumas questões foram utilizadas como motivação no início de cada aula, como, por exemplo, na primeira aula se iniciou com a questão orientadora: “Qual é o tamanho do átomo?”. A partir desse questionamento os estudantes trabalharam nas atividades investigativas para se chegar à resposta, adquirindo assim outras concepções relacionadas, como a concepção de dimensão nanométrica. As atividades experimentais são utilizadas como métodos para promover a participação do estudante de forma ativa e investigativa. Por exemplo, uma das atividades experimentais investigativas na SD foi a demonstração da difração da luz do laser no tecido de náilon. Para a construção do conceito de difração foram realizadas perguntas durante o experimento, para que eles observassem, analisassem as hipóteses e chegassem a uma definição elaborada sobre o fenômeno.

Foi desenvolvida outra atividade experimental investigativa, onde os próprios estudantes encaixaram bolas de isopor em uma caixa de vidro transparente com a finalidade de perceberem como os átomos são organizados em uma estrutura cristalina. Nessa atividade, foi apresentado um cristal para que os estudantes analisassem aspectos predominantes em sua estrutura (faces bem definidas, por exemplo). Depois eles empilharam as bolinhas de isopor na caixa de forma ordenada. O objetivo é que os estudantes concluíssem como essas bolinhas podem ser ordenadas de variadas formas, assim como os átomos dos cristais são organizados, formando as facetas bem definidas.

As atividades propostas na SD foram realizadas em grupos visando à aprendizagem colaborativa. Segundo Lopes (2007) a aprendizagem colaborativa proporciona a troca de informações entre os participantes, enriquecendo a aquisição de conhecimento e a produção coletiva. A interação entre os integrantes do grupo possibilita a discussão, o compartilhamento e o entendimento dos problemas. Dessa maneira, foram incluídas atividades colaborativas na SD com ênfase na interação entre os estudantes, proporcionando a construção dos conceitos científicos.

No próximo capítulo apresentar-se-á a estrutura da SD e como a mesma foi desenvolvida. Serão apresentadas também as primeiras observações sobre as concepções dos estudantes.

Na tabela 6.1 é apresentado um resumo da SD. A sequência está dividida em etapas, de acordo com os seus respectivos objetivos. As estratégias de ensino utilizadas para atingir os objetivos também são aqui apresentadas.

**Tabela 6.1 – Objetivos, metodologias e estratégias de ensino da SD.**

ETAPA	OBJETIVOS	METODOLOGIA
I Atividades: 1 e 2 “Qual o tamanho de um átomo?” (2 aulas)	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Fazer medidas para familiarização com as escalas.</li> <li>* Compreender que os processos de medição são limitados.</li> <li>* Obter noção de escalas, em especial das microescalas e nanoescalas.</li> <li>* Interagir buscando discussões sobre o assunto com os colegas e a professora.</li> <li>* Relacionar o tamanho de um nanômetro com objetos cotidianos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Leitura e discussão do texto didática "A história de Rita".</li> <li>* Medições utilizando a régua graduada em nano.</li> </ul>
II Atividades 3 e 4 Estrutura cristalina (1 Aula)	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Perceber que os materiais são diferentes devido a forma com que os átomos são arranjados na matéria.</li> <li>* Perceber como a estrutura dos átomos na matéria define sua forma, no caso especial dos cristais.</li> <li>* Elaborar modelos que representem as principais estruturas cristalinas.</li> <li>* Participar ativamente das discussões entre os colegas e a professora, de forma a favorecer em sua aprendizagem.</li> <li>* Auxiliar e cooperar nas atividades em grupo, para um melhor desempenho nos trabalhos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Observação das características predominante em um cristal de quartzo.</li> <li>* Atividade investigativa, onde os estudantes deveram colocar bolas de isopor de forma ordenadas em uma caixa transparente.</li> <li>* Discussão.</li> </ul>
III Atividade 5 Difração. (1 aula)	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Discutir suas concepções, e saber intervir nas concepções dos colegas respeitando suas opiniões.</li> <li>* Identificar a difração em diferentes materiais.</li> <li>* Perceber como a difração modifica dependendo das características do material utilizado como rede de difração.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Atividade experimental investigativa demonstrando a difração da luz em duas telas de serigrafia diferentes.</li> <li>* Visualização dos materiais utilizados para difratar a luz, de forma ampliada.</li> <li>* Roteiro dos estudantes.</li> </ul>
IV Atividades 6, 7 e 8. Entendendo a difração. (3 aulas)	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Perceber, qualitativamente, o que interfere na difração em um material.</li> <li>* Realizar o experimento.</li> <li>* Discutir sobre o experimento com os colegas.</li> <li>* Construir um modelo para explicar a difração na tela do celular.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Atividade investigativa com ondas senoidais em transparências, para que os estudantes percebam as interferências construtivas e destrutivas.</li> <li>* Atividade experimental investigativa com painéis de cortiças, visando a compreensão de como ocorre a difração e a interferência.</li> <li>* Demonstração da difração na tela de um celular e elaboração de um modelo para explicar esse fenômeno.</li> </ul>
V FECHAMENTO DAS ATIVIDADES (2 aula )	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Visualizar aplicação da difração no mundo científico.</li> <li>* Perceber que a difração é uma estratégia para determinação de estruturas cristalinas.</li> <li>* Perceber a relevância histórica da difração de raios X para as pesquisas científicas, especialmente na determinação da estrutura do DNA.</li> <li>* Verificar a validade dos conceitos da SD.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Aula expositiva.</li> <li>* Elaboração de um texto pelos estudantes.</li> </ul>

A seguir é descrito o desenvolvimento destas etapas, apresentando cada aula com suas atividades e as primeiras observações.

A sequência das atividades foi idealizada para estimular a evolução conceitual sobre o tema. Dos diálogos propostos ao iniciar as etapas I e II, obtivemos as ideias iniciais dos estudantes. Cada etapa foi motivada por uma questão orientadora que foi respondida durante seu desenvolvimento e elas serão descritas a seguir.

Uma análise de como as ideias iniciais dos estudantes evoluíram com o desenvolvimento da SD, no contexto da Teoria de Perfis Conceituais, será apresentada no próximo capítulo.

## 6.1 Etapa I – Qual é o tamanho do átomo?

Essa etapa é direcionada pela questão orientadora **“Qual é o tamanho de um átomo?”**.

Tem como objetivo principal de aprendizagem fazer com que os estudantes se apropriem da noção de dimensões em nanômetro, por meio de medições de alguns objetos de suas vivências, utilizando uma régua graduada em nanômetro.

Tal etapa é subdividida em duas aulas, seguindo o roteiro:

1. Leitura do texto “A história de Rita” e discussões;
2. Medições com a régua nanométrica e discussões.

No início da primeira aula, foi proposto a leitura do texto “**A história de Rita**”<sup>1</sup>. Esse texto tirado da Revista Química Nova Na Escola é didático e utiliza uma linguagem de fácil entendimento para o estudante. Teve como foco discutir medidas desde de cem metros até a dimensão dos átomos. No Apêndice A é disponibilizado o trecho do texto utilizado na atividade aqui apresentada.

O texto teve como objetivo familiarizar os estudantes com as escalas, além de verificar a relação entre o mundo macro e escalas muito pequenas como micro e nano. No texto há vários exemplos para que o estudante entenda as dimensões de forma contextualizada. Logo após foi feita uma discussão sobre as escalas citadas.

Durante a leitura e a discussão do texto, verificou-se a necessidade de explicar sobre notação científica. Sendo assim, a professora fez uma intervenção para melhor entendimento das escalas e potência de 10. Foi uma revisão através de aula expositiva.

A leitura do texto “**A história de Rita**” foi realizada de forma que cada estudante leu um trecho do texto. Esse método utilizado foi produtivo para que o estudante ficasse atento à leitura e ao tema da aula.

O texto parte da escala macro, isto é, situações conhecidas pelo estudante, até chegar às escalas microscópica e nanoscópica, sempre com exemplos para um melhor entendimento. Isso o tornou um motivador para despertar o interesse para a aula.

A revisão sobre dimensões proporcionou ao estudante, principalmente, a compreensão do quão pequeno é o nanômetro e o micrômetro em comparação com o metro.

Na segunda aula dessa etapa, sequenciando o tema abordado na primeira aula, a turma foi dividida em grupos de quatro estudantes para realizar a tarefa com uma régua graduada em nanômetros para que os mesmos fizessem algumas medições. Essa régua é referenciada na

---

<sup>1</sup> Fonte: texto adaptado de Silva, Viana e Mohallem (2009) “Afiml, o que é Nanociência e Nanotecnologia? Uma Abordagem para o Ensino Médio”. Química Nova Na Escola.

atividade 2, apresentada no apêndice A. É uma régua diferente das comuns, pois relaciona os centímetros com a dimensão em nanômetro, logo suas medidas são apresentadas na escala nano. A atividade teve por finalidade o entendimento do quão pequena é a escala nano, relacionando-a com algo que eles pudessem ver. Após as medições houve uma discussão com a turma relatando e comparando os resultados encontrados.

Alguns estudantes encontraram dificuldades nas transformações entre unidades de medidas, por exemplo, de centímetro para milímetro e nanômetro. Após fazerem as medições com a régua graduada em nano, os estudantes foram auxiliados pela professora para fazer as devidas conversões que eram solicitadas no roteiro de atividades. Logo, partindo do pressuposto que o estudante já está acostumado com as unidades de medidas centímetro e metro, usou-se a régua graduada em nano e pediu-se que eles fizessem a conversão com o intuito de que percebessem a diferença de casas decimais e o quanto teriam que reduzir para chegar até o nano, percebendo, assim, o tamanho da dimensão nano em relação aos objetos aos quais estavam acostumados em suas vivências.

Todos os estudantes participaram ativamente da atividade, fazendo as medições e suposições, discutindo entre o grupo, e quando algum grupo ficava em dúvida, também solicitava ajuda aos demais grupos da turma. A discussão potencializa a aprendizagem, fazendo assim com que o estudante crie suas hipóteses para resolver o que foi proposto. Os valores de medidas, obtidos por cada grupo, foram próximos, mas não os mesmos, mostrando que cada grupo fez suas medidas de acordo com os materiais que tinha; mesmo havendo discussões entre os grupos, eles não copiaram as respostas uns dos outros. Ficou evidente como a atividade foi prazerosa, tendo em vista o envolvimento dos estudantes e a possível contribuição para a aprendizagem.

## **6.2 Etapa II – Estrutura Cristalina**

Essa etapa teve como objetivo principal levar o estudante a perceber que a estrutura dos átomos na matéria define sua forma, no caso especial dos cristais, por meio de discussões e elaboração de modelos que representassem as principais estruturas cristalinas.

É constituída em uma aula (terceira aula) com duas atividades, seguindo o roteiro:

- Analise das características de um cristal e discussão.
- Atividade experimental.

A terceira aula da SD iniciou-se com um questionamento da professora fazendo ligação com a atividade desenvolvida pelos estudantes na segunda aula da sequência. Uma das questões da atividade dessa aula solicitava ao estudante fazer uma estimativa de quantos átomos teriam no diâmetro de um fio do cabelo. Mas, para fazer a estimativa era necessário supor que os átomos estivessem todos enfileirados, isto é, alinhados. Então os estudantes foram questionados se na opinião deles essa visão estaria correta, fazendo a pergunta: “Podemos dizer que os átomos estão enfileirados, ou alinhados para formar a estrutura do fio de cabelo?”. Essa questão teve a finalidade de fazer com que os estudantes refletissem como os átomos podem estar organizados para formar a matéria.

Logo em seguida, foi apresentada à turma a questão orientadora da aula: **“Sabemos que toda a matéria é constituída de átomos, mas como os átomos se arranjam para formar a matéria, em especial nos cristais, os quais possuem faces bem definidas?”**

Nesse momento, a professora disponibilizou um cristal de quartzo para observação, com o intuito de levar os estudantes a perceberem que os aspectos externos e a forma no cristal, estão ligados à organização geométrica de seus átomos. Solicitando que os estudantes observassem suas principais características, como, por exemplo, suas facetas regulares e espelhadas, foi questionado “O que podemos perceber de diferente na estrutura do cristal? Há algum aspecto predominante em sua forma? Quais suas principais características?”. Os estudantes destacaram algumas propriedades visíveis nos cristais como: “tem brilho e transparência de forma natural, apresenta faces bem definidas e lisas” e “suas faces são bem regulares”. Percebe-se que os estudantes observaram aspectos externos predominantes do cristal. Logo em seguida a professora questiona: “Alguém sugere por que será que o cristal tem essas faces bem definidas quando se quebra naturalmente? Será que tem a ver com a estrutura que constitui o material?”. Tendo em vista os conceitos abordados até o momento, este questionamento tem como intuito que o estudante reflita como a estrutura dos átomos no material pode influenciar em sua forma externa, isto é, relacionar os aspectos externos discutidos do cristal com a organização de seus átomos.

A pergunta fez com que os estudantes refletissem sobre o assunto e respondessem de forma oral que consideravam que os átomos estariam organizados no cristal. O estudante DI relacionou que ao cortar um cristal “... os átomos estarão em ordem”. O estudante SA também se manifestou que “Os átomos se situam diferentes no retículo”. Eles buscam conceitos aprendidos na escola e discutidos nas aulas anteriores, como por exemplo relacionados à constituição

da matéria, para explicar a pergunta. SA relaciona que os átomos podem se posicionar de forma diferente, formando uma rede cristalina para formar os cristais.

O estudante JE manifesta que “Quando quebra um cristal, quebra-se uma cadeia que liga uma partícula a outra” dando ideia de que os átomos estariam organizados no que ele refere como “cadeia”. Infere-se aqui que o estudante apresenta a concepção de que os átomos estão organizados formando alguns “conjuntos” e que esse formam a estrutura cristalina (esses conjuntos seriam as células unitárias, que são a unidade básica, pois constituem o menor conjunto de átomos associados encontrados numa estrutura cristalina).

Logo em seguida, dando continuidade à construção dos conceitos sobre estrutura da matéria, em especial dos cristais, os estudantes discutiram em grupo e responderam à questão “O que você pressupõe que seja um fator relevante na formação da estrutura bem definida do cristal?”.

Ao direcionar a atenção do estudante para como os átomos estão organizados para formar a estrutura do cristal, a professora os conduz a refletir sobre como os átomos podem estar organizados para obter tal forma.

Todos os grupos chegaram ao consenso de que os átomos estarão organizados de forma geométrica para formar as facetas bem delineadas de uma cristal, assim como pode ser afirmado na resposta de dois dos grupos, definidos como G1 e G2:

**G1 (Estudantes: VN<sup>2</sup>, GS, CE, VT, MP):** Os átomos são unidos e ordenados. Eles se formam agrupados.

**G2 (Estudantes: JE, IV, LT, AN):** A principal característica dos cristais é seu formato geométrico, que se deve à organização bem definida de sua estrutura interatômica.

A interação na sala de aula, entre a professora e os estudantes, proporcionou a reflexão, a organização de suas ideias e modos de pensar, conseguindo apropriar-se de novos significados por meio da mediação da professora ao direcionar as perguntas, direcionando-os à formação dos conceitos científicos relacionados à estrutura da matéria. Percebe-se a evolução nas definições dos estudantes após a discussão direcionada pela professora.

Pode ser visto, também, que há presença de concepções relacionadas à organização dos átomos para formar a estrutura bem definida do cristal. Infere-se aqui que há indícios de que o estudante já está demonstrando uma concepção sobre como a organização dos átomos no cristal

---

<sup>2</sup> Foram utilizadas algumas letras em maiúsculo representando os nomes dos estudantes, sujeitos da pesquisa, preservando, assim, suas identidades.

pode definir sua forma, atingindo assim um dos objetivos dessa aula. Contudo, os estudantes apresentaram modos de pensar característicos da terceira zona que relaciona concepções sobre a estrutura molecular do perfil conceitual de molécula, proposto por Mortimer e El-Hani (2014).

Em um outro momento da aula foi disponibilizado o material para a realização da atividade experimental investigativa: colocar bolas de isopor em uma caixa transparente, de forma organizada. A atividade teve por objetivo formalizar o conceito de como os átomos podem se arranjar pra formar a estrutura de um cristal e levar o estudante a refletir, por meio da intervenção da professora, sobre como as faces do cristal podem ficar bem definidas, quando se quebra a rede em certos pontos mantendo a base da estrutura cristalina, sendo sua principal característica a concepção de que os átomos estão organizados para formar a matéria.

Para tal atividade foram disponibilizadas caixas de vidro com diferentes tamanhos para se obter alguns modelos diferenciados de estruturas cristalinas. Inicialmente, apareceram algumas dificuldades para organizar as bolas nas caixas, como, por exemplo, os estudantes simplesmente jogaram-nas de qualquer forma<sup>3</sup> e/ou foram colocando em camadas e comprimindo as bolas pra caber mais, sem nenhum padrão. Com isso, para que os estudantes chegassem a um modelo de estrutura cristalina, a professora auxiliou explicando que era necessário seguir um padrão para montar as camadas. Logo em seguida, eles responderam às questões do roteiro e apresentaram o modelo.

No roteiro dessa atividade era solicitado ao estudante: “Relate como o grupo arranjou as bolinhas na caixa. Observando as estruturas elaboradas pelos outros grupos, tiveram formas iguais a do seu grupo?”. No trecho a seguir pode-se observar a respostas de dois grupos, G1 e G2 (os integrantes são os mesmos, já citados anteriormente):

**G1:** De forma organizada. Não, a nossa estrutura é um pouco mais simples e com menos átomos e os outros com mais átomos. Estrutura cúbica simples.

**G2:** Arranjamos as bolinhas em uma estrutura cúbica com corpo centrado. A primeira camada foi organizada com o maior número possível de bolinhas, já a segunda camada foi organizada de forma que preenchamos os espaços da anterior e as posteriores foram construídas com a mesma lógica. Estrutura cúbica de corpo centrado.

Nesses grupos foram obtidos dois modelos diferentes de estruturas cristalinas: cúbica simples e de corpo centrado. Os outros três grupos também montaram a estrutura de corpo centrado.

---

<sup>3</sup> Inicialmente não foi percebido que nessa situação caberia uma problematização sobre a diferença entre cristalina e estrutura amorfa. Assim voltaremos a essa questão no capítulo de discussão.

As atividades dessa etapa foram direcionadas pela professora intencionando que o estudante chegasse à concepção de que além da matéria ser constituída de átomos, estes estão organizados, definindo assim sua forma, ou suas faces bem definidas assim como nos cristais em especial. Por esse motivo é realizada a atividade de montagem das bolinhas na caixa como analogia à estrutura dos átomos na matéria, como fechamento.

A atividade investigativa que foi desenvolvida durante essa pesquisa, busca proporcionar um ambiente em que os estudantes entrem em ação para organizarem suas ideias e consigam buscar dados confiáveis, sabendo interpretá-los, para chegar a algumas conclusões sobre o problema proposto. Para que esse objetivo seja alcançado é necessária a interação construtiva entre professora e estudantes durante o desenvolvimento da investigação (CARVALHO, 2010), sendo o papel da professora como orientador de extrema relevância. Quando os estudantes manuseiam materiais buscando as possíveis soluções para o problema, há interações onde a linguagem utilizada vai se tornando mais científica, onde se buscam significados para justificar suas ações e possíveis respostas. Isso pode ser visto nas definições utilizadas pelos estudantes para responder aos questionamentos propostos nos roteiros de atividades, como o que é exemplificado a seguir.

Logo após a atividade dos modelos de estruturas cristalinas, os estudantes foram solicitados a responder o questionamento: “Na aula de hoje você observou um cristal e a turma montou alguns modelos de estruturas cristalinas, como você explicaria o porquê dos cristais possuírem as faces bem definidas?”. A seguir apresentamos o trecho com respostas de dois grupos G1 e G2:

**G1:** Os cristais possuem as faces bem definidas pois seus átomos são bem organizados e de formas geométricas.

**G2:** Os cristais possuem faces bem definidas porque sua estrutura interatômica é organizada.

Ao analisar os dados obtidos durante a realização da atividade, percebe-se que o objetivo foi atingido, pois os estudantes discutiram fazendo reflexão dos conceitos aprendidos na aula e logo demonstraram entendimento de um modelo de como os átomos podem se organizar e formar o cristal.

Finalizando a aula, a professora fez a formalização dos conceitos, mostrando que o objetivo da atividade era a elaboração de um modelo de estrutura cristalina, onde os átomos foram considerados como esferas. Essa formulação foi feita por meio de uma aula expositiva, de forma que a professora retomava os conceitos, fazendo questionamentos do que foi visto em sala de aula para manter os estudantes atentos.

### 6.3 Etapa III – Difração

A Etapa III objetiva que o estudante perceba, qualitativamente, o que interfere na difração em um material e visualizar a sua aplicação no mundo científico. É constituída por uma aula (quarta aula) com uma atividade, seguindo o roteiro:

a) Aula expositiva introduzindo o estudo da difração como uma das estratégias usadas para a determinação das estruturas cristalinas. b) Atividade experimental investigativa demonstrando a difração.

Essa etapa se inicia com a professora interligando o conceito de difração com as abordagens das aulas anteriores dessa sequência didática (SD). Considerando que atividades iniciais abordaram conceitos sobre escalas, principalmente o entendimento de dimensão nanométrica e como os átomos podem se organizar para formar a matéria, em especial os cristais, a quarta aula abordou o conceito de difração como sendo uma possibilidade para estudar as estruturas cristalinas. A professora citou, também, que a difração, no caso de raios X, não é a única estratégia para o estudo de estruturas cristalinas, tendo também o microscópio eletrônico de varredura por tunelamento. No entanto, este não é o objeto de estudo das atividades aqui propostas, sendo que a abordagem seguiu conceitos relacionados à ondulatória. Nesse sentido, o tema da presente atividade foi a difração de raios X como método para determinação de estruturas cristalinas, porém foi exposto que não era viável e nem segura a experimentação em sala de aula com essa radiação, então fez-se a analogia com difração da luz para o entendimento, qualitativamente, do fenômeno.

Nesse primeiro momento, a professora propôs levar os estudantes a perceber que utiliza-se a difração de raios X para estudar as estruturas cristalinas, devido ao seu comprimento de onda ser aproximadamente na mesma dimensão atômica. Nesse sentido, lembrando os conceitos de ondulatória já estudados, foi questionado aos estudantes pela professora o porquê de utilizar a difração de raios X e não de luz. Os estudantes apresentaram-se inseguros e não souberam responder. O estudante JE, questionou: “Por causa da frequência dos raios X?”. Logo em seguida o estudante SA respondeu: “Por que a luz tem o comprimento de onda grande”. Percebe-se que o estudante SA conseguiu atingir o foco da discussão, porém observou-se que a maioria não havia entendido, por isso a professora propôs um exemplo para melhor entendimento, como pode ser visto no trecho a seguir:

**professora:** Para vocês entender, vamos imaginar uma parede próxima ao mar, certo? As ondas com certo valor de comprimento de onda batem na parede

e interferem com ela. As ondas desviam. Podemos medir como as ondas interferiram com a parede, não é mesmo? E se eu reduzir essa parede... Ir reduzindo... Sempre menor... Até o tamanho de um ponto. A onda passa e nem percebe que ela está lá. Ou seja, a onda não vai mais interferir com a parede. Entendem? A luz tem o comprimento de onda grande em relação às dimensões interatômicas. Já os raios X têm aproximadamente a mesma dimensão.

Pode-se perceber, após esse exemplo, um melhor entendimento por parte dos estudantes sobre o conceito abordado, pois foi-lhes proporcionado a refletir sobre a situação exemplificada. Dessa forma, foi estabelecida a discussão sobre o fenômeno de difração, assim como apresentada sua aplicação no mundo científico.

Logo, nesse primeiro momento ocorreu essa intervenção da professora, sempre buscando a participação dos estudantes com questionamentos orais para que continuassem ativos para melhor compreensão, despertando assim o interesse dos estudantes para a atividade investigativa que foi desenvolvida posteriormente.

Para desenvolvimento da atividade foram utilizados: laser verde, dois tipos de tela de serigrafia, um com 77 fios por centímetro e outro com 120, um aparato para suporte e papel quadriculado.

Inicialmente foi realizada a atividade experimental demonstrativa, utilizando as duas telas de serigrafias diferentes (77 e 120 fios), demonstrando a difração da luz do laser, no papel quadriculado. Porém não foi definido, para os estudantes, qual o material tem maior número de fios por centímetro ao difratar. Em seguida a professora solicitou que um estudante fizesse as marcações registrando a difração no papel.

Como intencionava uma atividade experimental investigativa, a ideia era fomentar a discussão sobre como ocorre a difração ao demonstrar o experimento. Para isso foi feita a marcação dos pontos claros da luz do laser ao difratar na tela de serigrafia. Abordando que os materiais utilizados tinham diferentes espaçamentos entre suas linhas, foi questionado qual teria maior espaçamento ao observarem os pontos claros de difração no papel quadriculado. A turma, em consenso, respondeu que o material que apresentou os pontos de difração mais distantes possuía as linhas mais afastadas. Logo em seguida, foi realizado o experimento novamente, porém identificando qual material tinha mais linhas por centímetro, por meio da visualização das telas com uma lente de aumento. Enquanto observavam o experimento, um dos estudantes (IV) comentou “que vê que é ao contrário (rindo)”, demonstrando a opinião de que suas ideias iniciais já foram confrontadas com alguns experimentos demonstrados em sala de aula, e que nem sempre se pode confiar em suas intuições iniciais.

Após fazerem o experimento novamente, os estudantes ficaram impressionados com o resultado, sendo que alguns questionavam como era possível o material com menor número de linhas ter uma difração com pontos mais juntos em relação ao outro. Foi perceptível pelas reações dos estudantes o conflito cognitivo durante o desenvolvimento da atividade. A estratégia didática não tinha o intuito de julgar as respostas dadas como certas ou erradas, mas sim motivar os estudantes a refletir sobre os conceitos envolvidos e fazê-los perceber que nem sempre suas crenças estão corretas, mas que existe uma explicação física possível para o fato.

O estudante IV, logo após o experimento, também se manifestou: “Eu não disse?”. Foi perceptível que esse estudante observou que nem sempre certos fenômenos são explicados satisfatoriamente a partir de conceitos espontâneos da vida diária.

Infere-se aqui que o experimento despertou a curiosidade dos estudantes, pois eles queriam uma explicação, considerando que o que foi observado não confirmou suas ideias espontâneas. Isso foi motivador para que o estudante percebesse a necessidade de se apropriar de novos conceitos para melhor entender o fenômeno de difração.

Ao finalizar a aula, a professora posicionou que na próxima aula haveria uma atividade que possibilitaria o entendimento do porquê o tecido com fios mais finos tivera uma difração com pontos mais separados.

#### **6.4 Etapa IV – Entendendo A Difração**

Esta etapa teve o intuito de levar o estudante a perceber, de forma qualitativa, quais fatores interferem na difração de um material, por meio da compreensão do fenômeno de interferência e, enfim, elaborar um modelo para explicar a difração na tela do celular utilizando os conceitos aprendidos.

É subdividida em 3 aulas, seguindo o roteiro:

- a) Atividade para desenvolver os conceitos de interferência.
- b) Atividade do painel, mostrando o que interfere na difração.
- c) Elaboração do modelo de difração da luz do laser na tela do celular.

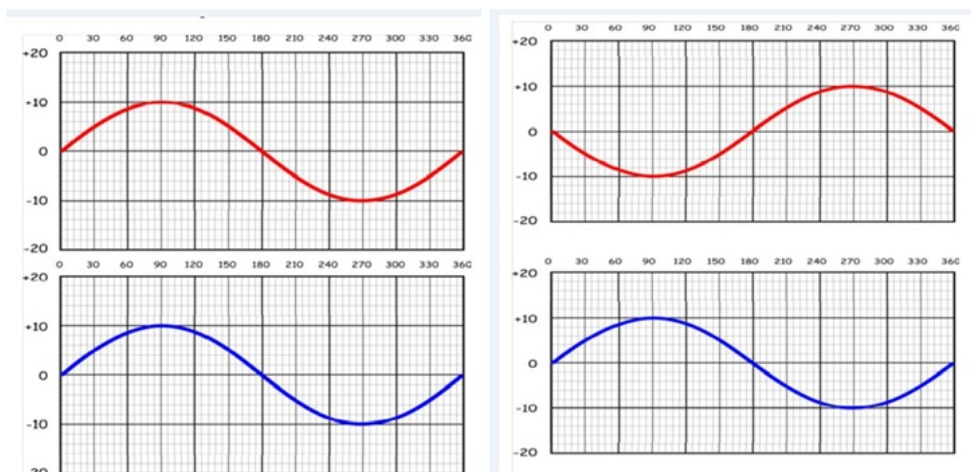
A professora iniciou a etapa citando que para entender o fenômeno da difração evidenciado no experimento da última aula era necessário entender quando e como ocorre a interferência da luz. Nessa perspectiva, foi exposta a questão orientadora da etapa:

**“O que acontece quando duas ondas se encontram? O que você observa se as ondas estão em fase, ou seja, se a crista da primeira onda coincide com a crista da segunda onda? O que acontece quando a crista da primeira onda coincide com o vale da segunda?”.**

Para entender o fenômeno da interferência foram fornecidas ondas senoidais impressas em transparências para que os estudantes manipulassem e verificassem a superposição de ondas. Para tal, os estudantes trabalharam em grupos, manipulando o material e respondendo ao roteiro de atividades (Atividade adaptada da sequência didática de Silva (2015), desenvolvida para a sua dissertação de mestrado).

As transparências eram desenhos de duas ondas, uma na cor vermelha e outra na cor azul, em fase; e desenhos de duas ondas, em oposição de fase (figura 6.1).

**Figura 6.1** – Ondas senoidais impressas em transparências para verificação da superposição de ondas.



Nesse momento a professora explicou que ao coincidir crista com crista ou vale com vale há interferência construtiva e a amplitude da onda resultante é igual a soma das amplitudes das duas ondas originais. Assim como ao superpor crista com vale há interferência destrutiva e a amplitude se anula.

Cada grupo recebeu as figuras para que manipulasse e respondesse ao roteiro dessa atividade. Esse roteiro era constituído por seis questões. Na primeira pergunta foi solicitado aos estudantes que posicionassem as transparências alinhando as cristas entre si e desenhassem o que foi observado. Na segunda pergunta foi questionado o que acontece quando duas ondas em fases percorrem caminhos diferentes até chegarem em um ponto onde se superpõem, sendo a diferença dos caminhos, entre elas, um comprimento de onda. A terceira relaciona o que acontece se essa diferença dos caminhos for duas ou três vezes o comprimento da onda.

Foi observado que todos os grupos desenharam corretamente a superposição das duas ondas em fase, assim como todos responderam corretamente às questões 2 e 3, como podemos perceber nas respostas dos grupos 1 e 2 (G1 e G2):

**G1:** Em fase as duas ondas se encontram crista com crista vai ocorrer uma onda construtiva. O mesmo.

**G2:** Vai ocorrer interferência construtiva. Também interferência construtiva.

Seguindo o roteiro da atividade, a quarta questão solicitou aos estudantes que posicionassem as transparências alinhando cristas com vales da onda e desenhassem o que foi observado. A quinta pergunta questiona o que acontece quando duas ondas em fases percorrem caminhos diferentes até chegarem em um ponto onde se superpõem, sendo a diferença dos caminhos, entre elas, meio comprimento de onda. A terceira relaciona o que acontece se essa diferença dos caminhos for  $3/2$  ou  $5/2$  do comprimento de onda.

Todos os grupos desenharam corretamente a superposição das duas ondas em oposição de fases e responderam corretamente as questões 5 e 6. No trecho a seguir foram transcritas as respostas dos grupos 1 e 2 (G1 e G2):

**G1:** Cristas com vales se anulam.

**G2:** Interferência destrutiva.  $3/2 = 1 + 1/2$  e  $5/2 = 2 + 1/2$ .

No início, os estudantes tiveram dificuldades em entender como responder, mas após a mediação da professora, todos desenvolveram a atividade corretamente, apresentando compreensão do tema abordado.

A dificuldade inicial dos estudantes era como fazer o desenho na folha do roteiro. Com isso, a professora manipulou as transparências demonstrando como deviam desenvolver a atividade, fazendo um desenho, no quadro, representando as duas ondas e solicitando que observassem o que aconteceria se eles juntassem as duas. Relembrando, também, as definições de cristas e vales, assim com, ondas em fases e oposição de fases. Em seguida cada grupo discutiu entre seus integrantes e conseguiram desenvolver a atividade e responder corretamente às questões.

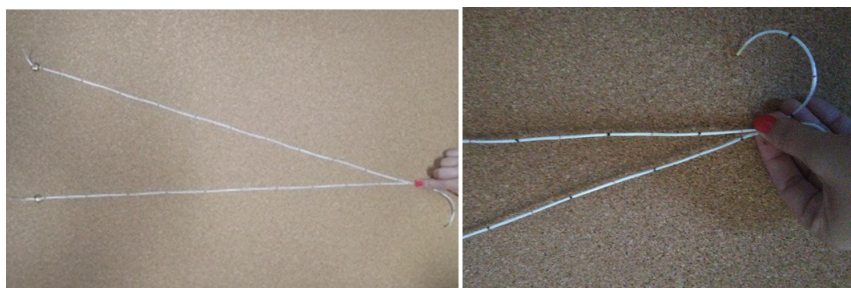
A atividade apresentou grande potencial para reforçar o conceito sobre superposição de ondas. A interação da professora com os estudantes proporcionou um direcionamento para o desenvolvimento da atividade. O papel da professora, como orientador em sala de aula é viável, pois proporciona segurança durante o desenvolvimento das atividades e auxilia na apropriação do conhecimento científico.

Após os estudantes responderem às questões do roteiro de atividade, a professora fez uma discussão como fechamento para consolidar o conceito relacionado às interferências construtiva e destrutiva.

Na aula seguinte, dando continuidade à compreensão dos conceitos de interferência e difração, foi proposta mais uma atividade investigativa, onde os estudantes verificaram quais fatores interferem no fenômeno da difração.

Foi distribuído para cada grupo um painel para o desenvolvimento da atividade. A figura 6.2 apresenta um dos painéis.

**Figura 6.2** – Foto do painel de cortiça utilizado para compreensão da interferência de ondas.



Os painéis são de cortiça, onde são presos dois barbantes por duas tachinhas separadas a certa distância, que representam largura das fendas por onde passa a luz. Nos barbantes foram feitas marcações a caneta que representam o comprimento de onda.

Foram montados cinco tipos de painéis modificando as distâncias entre as tachinhas e as marcações nos barbantes, para que assim os estudantes pudessem comparar as medições obtidas pelos grupos e percebessem quais fatores interferem na difração.

Cada grupo recebeu um painel e registrou as devidas medições. Foram distribuídos percevejos de cores azuis e vermelhas para que eles fizessem as marcações nos painéis. Quando era identificada uma interferência construtiva, crista, representada por marcações vermelhas no barbante com outra crista, era fixado um percevejo vermelho. O mesmo procedimento foi realizado com o encontro de dois vales, representados com marcações azuis no barbante. Quando percebiam que duas marcações com cores diferentes se juntavam, eles marcavam com percevejo azul, representando a interferência destrutiva, superposição de vale com crista.

Após as medições e marcações das interferências construtiva e destrutiva, os grupos apresentaram os painéis para a turma. Sendo assim, os estudantes apresentaram as medidas da distância entre as fendas (representada pela distância entre as tachinhas), o valor do comprimento de onda (representado pelas marcações nos barbantes) e as medidas entre as interfe-

rências construtiva e destrutiva obtidas durante a discussão da atividade. Pode-se observar na tabela a seguir as medições dos grupos 1 (G1) e grupo 2 (G2).

A tabela 6.2 apresenta as medidas encontradas pelos estudantes, durante a atividade.

**Tabela 6.2** – Exemplos de respostas dos estudantes referentes à atividade do painel de interferência e difração durante o desenvolvimento da atividade da sexta aula. D - indica a distância entre as fendas.  $\lambda$  - indica o comprimento da onda.

	Medidas	Transcrição
G1	D: 20 cm $\lambda$ : 5 cm.	Interferência Destrutiva: 20 cm. Interferência Construtiva: 22cm. A distância dos pontos claros e escuros é de 10cm. Destrutiva quando encontra crista com vale e vale com crista. Construtiva quando encontra vale com vale e crista com crista.
G2	D: 30 cm $\lambda$ : 6 cm.	Distância entre dois pontos construtivos: 10 cm. Distância entre um ponto claro e um ponto escuro: 5 cm. Pontos claros: cristas com cristas - Construtiva. Pontos escuro: crista com vale - Destrutiva.

Pode ser observado que o grupo 1 apresentou medidas entre a distância de dois pontos que representavam as interferências construtiva e destrutiva. Percebeu-se também, que os valores deram uma diferença de dois centímetros; estes teriam que ser iguais, porém, devido a algum fator na medição ou nas marcações ocorreram divergências. Já as medições do G2 estão exatas.

Todos os grupos fizeram as marcações corretamente, com algumas diferenças em um ou dois centímetros entre as interferências destrutiva e construtiva.

A atividade dos painéis ocorreu sem dificuldades e levou à participação ativa dos estudantes, proporcionando muito interesse aos mesmos em fazer as medições.

A atividade dos painéis leva o estudante a perceber que se as fendas por onda a luz passa forem mais afastadas, a difração apresenta pontos mais próximos, onde ocorre a interferência. Como podemos perceber nas respostas dos grupos citados na tabela 6.2, sendo que onde as fendas eram separadas por 20 cm, o distanciamento entre as interferências foi de 20 cm aproximadamente. Enquanto o outro grupo apresentou o distanciamento entre as fendas de 30 cm e a distância entre dois pontos claros foi de 10 cm. E, assim, como tinham medidas diferentes para os painéis de cada grupo, tal fator foi percebido pelos estudantes de forma explícita. Eles chegaram a essa conclusão com a apresentação dos colegas.

Após a apresentação das medições realizadas nos painéis por cada grupo, foi solicitado que os estudantes retornassem aos seus devidos grupos, discutissem o que foi visto na apresen-

tação e respondessem ao roteiro da atividade. Nesse roteiro o estudante deveria explicar o fato ocorrido no experimento da difração de luz nos náilons utilizados. Tendo em vista as atividades desenvolvidas sobre o fenômeno da interferência, assim como os experimentos propostos, esperava-se que os estudantes conseguissem explicar o fato ocorrido no experimento da difração que causou um conflito com suas ideias iniciais.

Analisando as respostas do roteiro, verificou-se que os estudantes apresentaram conceitos relacionados aos temas. É explícito que as discussões e os experimentos possibilitaram reforçar ainda mais o conceito de difração e interferência. Todos os grupos conseguiram relacionar corretamente a distância entre as fendas com a difração, respondendo satisfatoriamente ao questionamento sobre o experimento dos nylons, como pode ser observado nas respostas do G1 e G2 transcritas na tabela 6.3.

**Tabela 6.3** – Exemplos de respostas dos estudantes obtidas a partir do registro escrito sobre o desenvolvimento da atividade do painel de interferência e difração, da Etapa VI.

	Transcrição
G1	Quanto maior o orifício, menor será a difração e vice-versa. O comprimento de onda deve ser na mesma ordem de grandeza do orifício.
G2	Quanto menor o orifício, maior a difração. Por isso, o nylon com menos fios possui uma difração mais afastada em relação ao outro.

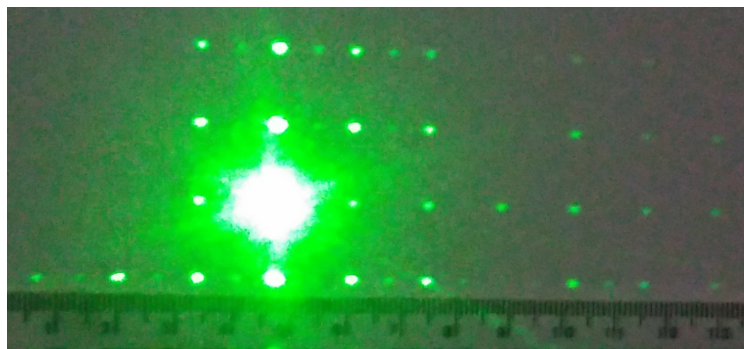
O G1 ainda fez referência que o comprimento de onda deve ser aproximadamente na ordem de grandeza da abertura, mostrando que ele refletiu sobre os conceitos apresentados na aula anterior.

Pelos resultados obtidos pode-se perceber que as atividades possibilitaram o desenvolvimento conceitual dos estudantes sobre os temas relacionados.

Na última aula da Etapa IV, com a finalidade de consolidar os conceitos, foi desenvolvida a atividade 9, demonstrando a difração na tela de um celular. A foto 6.3 apresenta a difração da luz do laser ao ser refletida por pontos na tela do celular formando o aparecimento de máximos e mínimos no anteparo (parede) devido à diferença de caminhos dos raios de luz.

O experimento foi realizado de forma demonstrativa diante de toda a turma. Em seguida, foi solicitado que os estudantes observassem a difração da luz na tela do celular e que comparassem com o experimento da difração nos nylons. Diante disso, foi solicitado que os grupos apresentassem justificativas para explicar a difração na tela do celular por meio da elaboração de modelos.

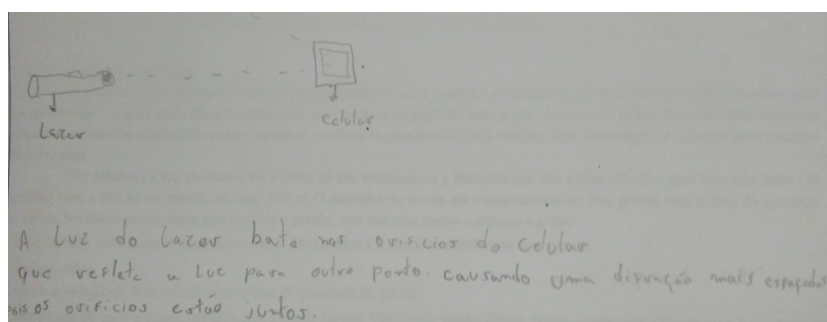
**Figura 6.3** – Foto da figura de difração da luz na tela de um celular.



A seguir são apresentadas fotos dos modelos e justificativas de três dos cinco grupos pesquisados.

A figura 6.4 mostra o modelo e a explicação elaborados pelos grupos G1.

**Figura 6.4** – Foto do modelo e discussão apresentada pelos estudantes do grupo 1 como justificativa para a difração da luz na tela de uma celular.

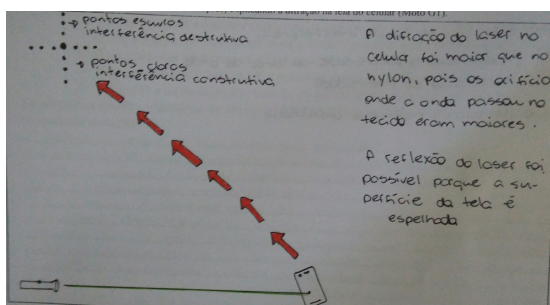


Quando os estudantes do Grupo 1 referem-se a “orifícios”, demonstram que perceberam a ocorrência da difração devido às inhomogeneidades do sistema. Isto é, para haver a difração é necessário uma “estrutura” que reflita a luz, gerando a difração. Na ausência de um conhecimento mais detalhado dessa “estrutura”, eles se referem a orifícios. Não se pode descartar a hipótese de que tenham ouvido falar de difração em dupla fendas, por isso se referem a orifícios. Aparentemente os estudantes pensaram na ideia de que a difração é gerada por essas estruturas de “orifícios”. Um ponto negativo é que eles estariam apresentando a ideia de que cada ponto da figura de difração seja proveniente da reflexão de um ponto. Não conceberam ainda a difração como um fenômeno de interferência entre todos os raios de luz que se refletem em todos os pontos da estrutura. Contudo, verificou-se que, nas respostas, a presença de concepções fundamentadas nos conceitos apresentados durante o desenvolvimento das atividades sobre difração e interferência ao citarem que a figura de difração formada no anteparo apresenta maior espaçamento por terem “orifícios” mais juntos do que os nylons.

Observou-se que os estudantes nesse grupo não conseguiram explicar com clareza suas ideias de acordo com o conceito de difração, porém podemos inferir que demonstraram ter noção de alguns fatores que influenciam no fenômeno, como, por exemplo, que o padrão da difração depende dos espaçamentos entre as fendas onde a luz incide. Isso foi abordado nos experimentos dos painéis de interferência.

A figura 6.5 mostra o modelo e a explicação elaborados pelos grupos G2.

**Figura 6.5** – Foto do modelo e discussão apresentada pelos estudantes do grupo 2 como explicação da difração da luz na tela de uma celular.



Quando o G2 compara a difração da luz na tela do celular com a observada nos nylons, distingui-se que os dois materiais têm os espaçamentos dos orifícios diferenciados, demonstrando que concebem o conceito de que a difração depende desse fator, onde o material com orifícios mais juntos apresenta a figura de difração com pontos mais afastados. Estes foram conceitos discutidos nas aulas anteriores. Percebe-se que os estudantes estão reproduzindo concepções que assimilaram por causa do desenvolvimento das atividades. Contudo, o grupo explica que a reflexão da luz na tela do celular ocorreu devido à superfície ser “espelhada”. Aparentemente os estudantes tentaram explicar que a luz na tela do celular não “passa” pelos orifícios e sim é refletida por vários pontos da tela. Porém ao citarem “espelhada”, parece que envolvem a ideia de que a luz está sendo refletida por uma superfície lisa, onde os raios de luz são refletidos mantendo o paralelismo, que ocorre em uma reflexão regular. Ao que parece, o grupo não refletiu sobre como deve ocorrer o processo para que a luz refletida de vários pontos na tela do celular sofra interferência. Ou seja, os raios de luz devem percorrer caminhos diferentes para que quando se cruzarem no anteparo ocorra interferência formando pontos de máximos e mínimos, sendo que na superfície espelhada, reflexão regular, isso não seria possível. Nesse caso a explicação dos estudantes apresenta esse ponto negativo.

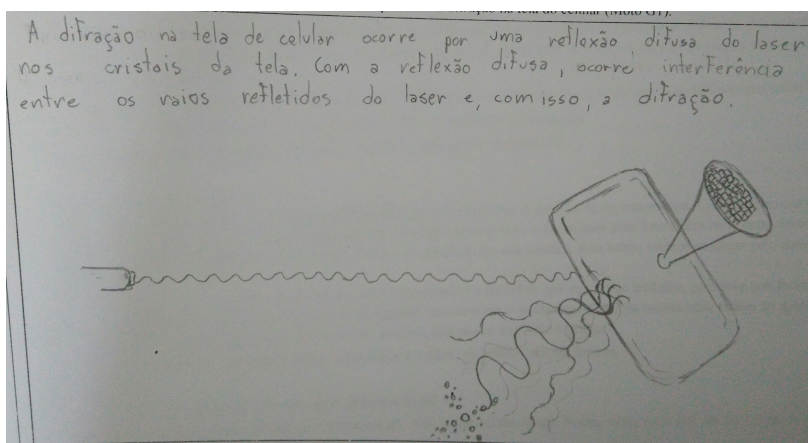
Observando o desenho pode-se perceber que os estudantes desenharam a luz refletida pela tela do celular, formando as interferências construtivas e destrutivas, definindo-as respec-

tivamente, como pontos claros e escuros. Nesse caso, é perceptível a presença de conceitos apresentados e discutidos nas atividades anteriores.

Mesmo que o G2 não tenha explicado corretamente a reflexão na estrutura da tela de celular para justificar a difração da luz, o grupo apresentou alguns conceitos que foram discutidos nas aulas anteriores. Por isso, pode-se inferir que as atividades foram produtivas para a apropriação de alguns conceitos, porém seria necessário mais tempo para envolver outros assuntos para melhor apropriação conceitual sobre os temas de difração e interferência, como, por exemplo, discutir de forma mais clara como ocorre a difração por “reflexão” nos átomos do cristal, para melhor compreensão da difração ocorrida ao incidir luz na tela do celular.

A figura 6.6 mostra o modelo e a explicação elaborados pelos grupos G5.

**Figura 6.6** – Foto do modelo e discussão apresentados pelos estudantes do grupo 5 como explicação da difração da luz na tela de uma celular.



Ao analisar a justificativa apresentada pelo G5 (figura 6.6) pode se perceber que os estudantes associaram a formação da figura de difração da luz devido à interferência entre os raios refletidos por cristais presentes na tela do celular. Ao que tudo indica, o grupo refletiu sobre a necessidade dos raios refletidos saírem de vários pontos da tela e que quando se cruzam ocorre a interferência. Observa-se, ainda, que no desenho eles representaram a tela sendo constituída por algumas estruturas, que definiram como “cristais”, por onde a luz foi refletida. Contudo, os estudantes explicam a ocorrência da difração devido à reflexão difusa da luz ao incidir nos cristais constituintes da tela do celular, porém deve-se considerar que a interferência ocorre pela diferença de caminho dos raios refletidos de cada ponto da tela, portanto, não é viável associar os conceitos de difração e interferência com a reflexão difusa. Isso mostra um ponto negativo apresentado na explicação do grupo.

Ao apresentar o modelo um estudante do G5, explicou que:

“Não é tipo uma superfície espelhada perfeita, o laser bate em um cristal, uma parte volta em uma direção, outra parte volta em outra, quando eles se cruzam podem ocorrer a interferência e com isso a difração. Quando os raios se espalhavam eles podem se interferir.”

No trecho transcrito, pode ser visto que o estudante explicou a ocorrência da difração de forma satisfatória, considerando que ocorre o cruzamento de dois raios de luz provenientes da tela do celular. Porém, ele referiu-se ao conceito de reflexão difusa ao citar que a tela não é “espelhada perfeita” e que os raios refletidos provenientes de “um cristal” podem se cruzar e ocorrer a interferência. Aparentemente o estudante não concebe a ideia de que a interferência ocorre devido ao cruzamento dos raios refletidos por vários cristais da tela por descreverem trajetórias com diferenças de caminhos.

Pode-se perceber algumas falhas conceituais nas explicações dos estudantes. Em contrapartida, há também presença de concepções formadas sobre como ocorre a interferência e difração, fundamentadas nas discussões das atividades desenvolvidas nessa pesquisa.

A atividade mostrou cooperação no trabalho dos grupos, visto que proporcionou a discussão entre os estudantes para que chegassem a uma explicação lógica para o assunto. A intervenção da professora foi mínima, mostrando que os grupos estavam interessados em formular suas próprias ideias e seguros quanto às suas concepções.

## **6.5 Etapa V – Aula expositiva**

Essa etapa apresentou como objetivo consolidar os conceitos aprendidos durante a sequência didática. Foi constituída de 2 aulas, seguindo o roteiro:

- Aula expositiva.
- Elaboração do texto dissertativo pelos estudantes.

No primeiro momento a professora retoma todos os conceitos estudados durante a sequência didática. Além de consolidar os conceitos vistos, buscou levar o estudante a refletir sobre o objetivo dessa sequência didática, que era a compreensão de como os átomos podem se organizar para formar a estrutura cristalina e o entendimento da difração como uma estratégia para estudar as estruturas moleculares.

Nessa perspectiva, a professora inicia a aula falando de tópicos que foram abordados nas atividades anteriores:

- Relação entre escalas, principalmente a dimensão do átomo.

- Constituição da matéria, fez-se modelos das principais estruturas cristalinas (experimentação das caixas transparentes).
- Como estratégia, utilizada pelos cientistas, para estudar como os átomos se organizam para formar a matéria, estudou-se a difração da luz como analogia à difração de raios X, devido ao fato da demonstração do raios X ser de difícil acesso.
- A dimensão do átomo é aproximadamente 0,1 nm e para detectá-lo por difração é necessário utilizar uma radiação em que o comprimento de onda seja aproximadamente essa dimensão, no caso o raio X é uma radiação apropriada para tal fenômeno.

Dando sequência às abordagens, a professora propõe fatos relevantes na história que levaram a grandes descobertas envolvendo a difração de raios X no estudo de estruturas cristalinas. Um fato é a descoberta da difração de raios X por Max von Laue, em 1912, após uma conversa com seu amigo P. P. Ewald. O experimento foi realizado na Universidade de Munique e os padrões de difração de raios X em estruturas cristalinas foram descobertos.

Também foi citado pela professora como o estudo da difração de raios X para a determinação de estruturas desencadeou momentos de extrema relevância histórica para a humanidade, como a determinação da estrutura de dupla hélice da molécula de DNA proposta por James Watson e Francis Crick em 1953.

Essa discussão foi apresentada pela professora para mostrar a relevância da difração historicamente.

A aula foi de grande potencial, pois além de consolidar os conceitos aprendidos e tirar algumas dúvidas que ainda ficaram referentes aos temas abordados nas aulas anteriores, também levou o estudante a refletir sobre a relevância histórica do estudo da difração de raios X.

A aula expositiva é exaustiva, pois na maior parte do tempo a professora é quem comanda o desenvolvimento. Para não ficar tão cansativa, foram colocadas perguntas para manter o estudante ativo. Porém foi perceptível que mesmo assim, alguns estudantes apresentaram cansaço durante a aula.

Para obter maior atenção do estudante, foi explicada como seria a última atividade da sequência, onde os estudantes deveriam escrever um texto respondendo algumas perguntas. Este fato fez com que alguns estudantes tivessem maior interesse e questionassem durante a aula.

Finalizando essa Etapa como a última atividade dessa sequência didática foi solicitado aos estudantes que elaborassem um texto discutindo as perguntas orientadoras de cada etapa. A

finalidade desse texto era obter mais alguns dados para verificar a apropriação dos conceitos e relacionar a evolução conceitual dos estudantes após o desenvolvimento das atividades.

A maioria dos estudantes empenhou-se em fazer os textos sem nenhum questionamento. Alguns ficaram perguntando o limite de linhas que deveria ter, demonstrando preguiça, sendo possível notar que, não tinham o hábito de escrever. Para isso a professora interveio, dizendo que poderiam escrever como se fosse uma carta ao amigo e que esta seria lida somente com intuito de análise para a pesquisa. Assim todos os estudantes fizeram os textos.

Ao ler os textos produzidos pelos estudantes notou-se que eles demonstraram ter adquirido conceitos que não haviam demonstrado possuir. A produção de texto, assim como também as leituras de texto em aulas de Física podem potencializar a construção do conhecimento.

Segundo Setlik e Higa (2014),

Na física o conhecimento científico é estruturado por meio da matemática, sendo assim ela é de extrema importância no ensino desta ciência. Apesar da importância, o uso excessivo da matemática nas aulas de física pode dificultar a aprendizagem, tornando este processo mecânico e distanciando-a do estudante. Em muitas escolas, os estudantes saem do Ensino Médio com a visão de que a física se resume a equações matemáticas sem importância em suas vidas. Nesta perspectiva, é importante que a professora busque em suas aulas usar outras linguagens que possam potencializar o processo de aprendizagem e aproximar o aluno do conteúdo estudado. (SETLIK; HIGA, 2014, P.84).

No geral, os estudantes usaram as perguntas como orientação para escrever os textos. Percebe-se que alguns conceitos vistos durante as atividades foram citados. Assim foi possível verificar como os estudantes evoluem suas concepções após o desenvolvimento de atividades investigativas e a mediação da professora.

## 7 ANÁLISE DOS RESULTADOS

O presente capítulo apresenta a análise dos dados obtidos no desenvolvimento da sequência didática (SD), coletados por meio dos instrumentos diários de campo, roteiros dos estudantes (registro escrito) e áudio (registro oral) das aulas. Obteve-se assim uma quantidade relevante de material para a análise.

O intuito deste estudo é analisar como promover a evolução do perfil conceitual sobre estrutura molecular por meio de atividades investigativas, relacionando o tema de difração e interferência, utilizando a difração de luz como analogia ao uso de raios X para visualizar estruturas cristalinas.

De acordo com Mortimer e El-Hani,

...se o objetivo de certo estudo é analisar a sala de aula e verificar como as zonas de um perfil conceitual se desenvolvem como consequência do processo de ensino, é preciso passar à análise discursiva, na qual o perfil conceitual precisa ser integrado a uma ferramenta de análise do discurso... enquanto a Teoria de Perfis Conceituais funciona como uma ferramenta para análise da dimensão cognitiva, a análise do discurso torna possível analisar as dimensões linguísticas e sociais do discurso ... (MORTIMER; EL-HANI, 2014, p. 98, Tradução própria).

Neste contexto, são analisadas a seguir as atividades desenvolvidas durante a coleta de dados. Procura-se assim identificar como o discurso dos estudantes retrata uma eventual evolução de seu perfil conceitual na compreensão do conceito de estrutura cristalina.

### 7.1 Concepções prévias dos estudantes referentes à estrutura da matéria

No início das Etapas I e II durante o desenvolvimento das atividades da sequência didática (SD), foram propostas algumas questões no intuito de identificar as concepções dos estudantes em relação à estrutura da matéria. As perguntas foram contextualizadas com os temas das atividades de cada aula e apresentadas para a turma.

Na Etapa I, intencionando fomentar a discussão sobre as dimensões atômicas, a primeira atividade apresenta a questão: “É possível medir tudo que existe?”. A pergunta foi ampla demais, o que gerou insegurança e fez com que os estudantes ficassem apreensivos sobre o que responder. Mas a discussão logo chegou ao tamanho do universo, isto é, fez com que eles pensassem em escala macroscópica. O professor entrevistou com a observação: “É em escala muito pequena, o que vocês acham?”. Houve novas discussões até que eles citaram o átomo. Alguns estudantes ressaltaram que poderiam usar algum aparelho para ver o átomo.

Nesse momento foi apresentada a pergunta orientadora da ETAPA 1 da SD, discutida no capítulo da metodologia: **“Qual é o tamanho de um átomo?”**.

Para dinamizar o processo de discussão e identificar as ideias dos estudantes em relação à constituição da matéria, o professor lançou para a discussão da turma a questão: **“Pegamos uma barra de alumínio e a dividimos ao meio, tomamos uma das metades e dividimos ao meio novamente, pegamos mais dessa segunda metade e a dividimos de novo e realizamos esse procedimento por várias vezes. Até quando vocês acham que podemos fazer essas divisões?”**.

Na Etapa II da SD, que apresenta como tema “Estrutura cristalina”, também são propostas algumas questões de forma oral, com o intuito de identificar quais concepções os estudantes apresentam sobre a estrutura dos materiais. Os questionamentos estão relacionados de forma direta com o tema a ser trabalhado nas atividades da respectiva etapa. Dando continuidade à discussão desenvolvida no início da Etapa I, apresenta-se a questão: **“Se pegarmos a barra de alumínio citada no início da SD e aumentarmos 1 bilhão de vezes, o que você esperaria observar? Como os átomos estariam no material?”**.

Inicialmente as questões foram direcionadas a toda a turma, propondo uma discussão aberta. Alguns estudantes apresentaram suas opiniões tranquilamente, logo de imediato. Estas falas foram transcritas e nomeadas como registro oral, transformando-se, posteriormente, em dados. Após a discussão aberta foi solicitado que os estudantes respondessem ao questionamento por escrito para o registro de suas elaborações.

Analisando os registros orais e escritos produzidos pelos estudantes durante a discussão dessas questões, percebe-se que alguns acharam relevante o fato de ter uma “ferramenta” para fazer a divisão, mostrando a ideia de que só podemos “estudar” aquilo que conseguimos “pegar”. Aparentemente, eles estavam pensando em sua experiência cotidiana, como se eles tivessem que fazer realmente o experimento. Isto pode ser observado na resposta do estudante VT, no registro oral, quando responde: “Uai, até onde eu conseguir **pegar**”. Ao ser questionado se conseguiria dividir em pedaços cada vez menores, ele responde: “Dai vai ficar menor, então você tem que arrumar outro aparelho para cortar menor”. O estudante VN logo concorda: “É até onde conseguir pegar”.

Essa forma de pensar demonstra como o raciocínio dos estudantes está pautado pelo concreto e pelo vivencial.

No registro escrito alguns estudantes também apresentam a resposta considerando o aspecto tecnológico envolvido no processo de manipulação da matéria. Isso pode ser visto nas respostas dos estudantes LV e LT, que são apresentadas na tabela 7.1.

**Tabela 7.1** – Exemplos de respostas dos estudantes transcritas a partir do registro escrito obtido durante desenvolvimento da primeira aula da Etapa I da SD. Referente ao questionamento sobre a divisão da barra de alumínio, que identifica definições sobre constituição da matéria.

Categorias	Estudante	Transcrição
Concepção sensorialista.	LV	É possível dividir a barra de alumínio até um ponto em que será necessário utilizar um equipamento especial, capaz de fragmentar até mesmo o átomo.
	LT	Será possível dividir a barra de alumínio ao meio até o ponto em que esta barra estiver em um tamanho muito pequeno. Supondo que tenha uma máquina que auxilie a dividir essa barra dividida se tornará microscópica.

Nas respostas é possível perceber presença de uma visão sensorialista do perfil conceitual de átomo, visto que consideraram necessário ter um equipamento para fazer a divisão, caso tenha a matéria poderia ser dividida infinitamente. Característica da concepção matéria contínua. Assim, foram destacadas nessas respostas questões fundamentais para a presente análise. Existe aqui uma questão ontológica subjacente, indicando a concepção de que a matéria, vista como contínua, pode ser dividida infinitamente. Assim, como a matéria é contínua, resta a preocupação com o limite tecnológico para realizar esta divisão. Somente podemos dividir algo que conseguimos manusear. É necessário ter um equipamento para esse fim, o que evidencia a preocupação dos estudantes com o aspecto tecnológico. A autora desta pesquisa foi surpreendida por esta abordagem tecnológica, pois o intuito não era levar os estudantes a essa discussão pragmática. Este pode ser um forte indício de que o estudante está refletindo sobre a sua vivência pessoal, a sua “experiência primeira”, está refletindo e não apenas reproduzindo o que um dia lhe foi dito.

Nota-se, de forma explícita, que alguns estudantes apresentam um modo de pensar característico da zona sensorialista do perfil conceitual de átomo discutida anteriormente. Isto fica claro na resposta de alguns estudantes quando afirmam que poderiam dividir a matéria, aparentemente de forma infinita. A resposta do estudante LT, registrada na tabela 7.1, apresenta concepções também relacionadas a esta categoria. Assim como também pode ser observado nas respostas dos estudantes TH, LT e IZ, transcritas e apresentadas na tabela 7.2.

**Tabela 7.2** – Exemplos de respostas dos estudantes transcritas a partir do registro escrito obtido durante desenvolvimento da primeira aula da Etapa II da SD. Referente ao questionamento relacionando à máxima ampliação da barra de alumínio, que identifica definições sobre estrutura da matéria.

Categorias	Estudante	Transcrição
Concepção Sensorialista	TH	Após ser ampliada muitas vezes, poderá ser visto vários micro-pedaços de alumínio ou átomos.
	LT	Após ser ampliado muitas vezes a barra de alumínio continuará sendo do mesmo material, se verá a mesma barra, só que de tamanho muito maior.
	IZ	Viu nano partículas de alumínio.

Como foi destacado anteriormente, este fato está relacionado à característica fundamental da primeira zona do perfil conceitual de átomo proposta por Mortimer (2000), que se manifesta pela concepção de matéria contínua como negação do conceito de átomo, sem referências a partículas. Esta zona do perfil conceitual tem como principal obstáculo para a construção do conceito de átomo a negação da possibilidade da existência de espaços vazios entre as partículas constituintes do material.

Entretanto, outra concepção que aparece nas respostas dos estudantes, inclusive sendo consenso entre a maioria, pode ser classificada como característica da zona atomista clássica do perfil conceitual de átomo, detalhada anteriormente no capítulo do referencial teórico. Nessa forma de pensar o átomo corresponde à unidade básica de constituição da matéria, característica que está relacionada à terceira zona do perfil conceitual de átomo proposto Mortimer (2000).

Isso pode ser verificado nas respostas ao questionamento sobre até onde dividir a matéria, em que a maioria dos estudantes, como já destacado, respondeu que chegaria até o átomo.

Na tabela 7.3 são apresentadas algumas respostas que podem ser classificadas nessa concepção. Os demais estudantes que não tiveram suas respostas apresentadas na tabela, totalizando em 13 estudantes, registraram também que poderiam “dividir até chegar no átomo”.

**Tabela 7.3** – Exemplos de respostas dos estudantes transcritas a partir do registro escrito obtido durante desenvolvimento da primeira aula da Etapa I da SD. Referente ao questionamento sobre a divisão da barra de alumínio, que identifica definições sobre constituição da matéria.

Categorias	Estudante	Transcrição
Atomismo clássico	SA	Se a divisão da barra de alumínio prosseguisse chegaríamos até os átomos de alumínio. E se depois disso, ainda continuássemos a dividir os átomos de alumínio ao meio, chegaríamos aos prótons, nêutrons e elétrons. Indo mais longe, poderíamos chegar aos quarks dos prótons e neutros.
	JE	É possível dividir a barra de alumínio ao meio, então dividir essas metades ao meio outra vez e assim sequencialmente até chegar-se na menor partícula que caracteriza a matéria: o átomo.
	DI	Se você for dividindo a barra ela vai ficar cada vez menor, você poderá dividi-la até chegar no átomo.

Depois dessas considerações, IV menciona a possibilidade de se: “... chegar na última partícula ... Dizem que é a última partícula”. A partir desta discussão inicial, o conceito de átomo passa a estar presente na fala dos estudantes. Aparece tanto no registro oral quanto no escrito. Assim, SA registra que se: “a divisão da barra de alumínio prosseguisse chegaríamos até os átomos de alumínio”, e, eventualmente, “aos prótons, nêutrons e elétrons... poderíamos chegar aos quarks dos prótons e nêutrons”.

Ao final da análise geral dos registros, ficou explícito que os estudantes apresentam a concepção de que a matéria é formada por átomos, já bem formada, muito embora não se possa concluir em que medida esta concepção é oriunda de uma aprendizagem mecânica e não-operacional.

Mas a presença da concepção de matéria contínua ainda está presente, às vezes de forma concomitante. Isto fica mais claro, por exemplo, na fala do estudante TH, quando fala em “micro pedaços de alumínio” e na mesma frase, “ou átomos” (tabela 7.2). Este é um evento de polissemia, característico do processo de evolução de perfil conceitual, conforme apresentado por Mortimer.

A presença da concepção atômica é facilmente perceptível e previsível, tendo em vista que são estudantes do terceiro ano e que já estudaram tópicos relacionados. Porém, não são apresentadas ideias de como os átomos podem estar organizados para formar os materiais ou como estão estruturados geometricamente na constituição da matéria – característica presente

na zona conceitual que envolve as concepções sobre a estrutura molecular da matéria, conforme discutido no referencial teórico.

Nesse sentido, percebe-se que quando os estudantes são questionados sobre o que observariam se a barra de alumínio fosse aumentada um bilhão de vezes, eles apresentam algumas ideias relacionadas à estrutura da matéria. A maioria dos estudantes afirma que “veriam” os átomos do material e que estariam de forma organizada na estrutura ampliada. Entretanto, apenas quatro estudantes citam que veriam os átomos ao ampliar o material, não especificando se estariam de forma organizada ou não, como pode ser visto na resposta do estudante SA: “Veríamos os átomos de alumínio. E eu os veria como esferas”.<sup>1</sup> Ele expressa um modelo de esfera para átomo, mas não deixa claro se estas estariam organizadas.

O estudante IV apresenta a ideia de que “vai ter espaços entre eles”, não justificando o porquê desses “espaços” entre os átomos. Possivelmente, o estudante estivesse pensado nos modelos de moléculas já estudados na escola, onde são apresentados modelos de moléculas em que os átomos são representados por esferas separadas por palitos ou tracinhos, ao mesmo tempo em que o átomo é apresentado no modelo de Rutherford, como pequenos sistemas planetários. Assim JE acrescenta à discussão a ideia de que os átomos estarão “organizados sim, não sei se juntinhos, juntinhos. Tem a eletrosfera também. O átomo não é uma esfera maciça. A esfera seria o núcleo com prótons e nêutrons, em volta os elétrons”. Percebemos que o estudante avança no modelo atômico, considerando também a estrutura interna do átomo, não ficando somente na concepção de que o átomo poderia ser uma esfera. Desta forma, entendemos que o estudante confronta o modelo de Dalton (esfera rígida) com o modelo de Rutherford, não aceitando sem crítica o átomo como uma esfera rígida. Sua observação demonstra uma concepção de átomo próxima ao modelo proposto por Bohr, que apresenta as regiões com enormes vazios no átomo. Este pode ser um modelo de mais fácil assimilação pelos estudantes pela comparação análoga feita por professores e livros com o sistema solar. Isto indica que o estudante manifesta ideias provenientes do conhecimento aprendido na escola.

Dessa forma, JE também pode estar considerando que entre o núcleo e os elétrons há muito espaço vazio, por isso os átomos não se juntam. Ele apresenta que a eletrosfera separa os átomos, não os deixando muito próximos, poderia estar pensando na repulsão entre os elétrons dos átomos do material, pois ao se aproximarem, um repele a eletrosfera do outro. Aparente-

---

<sup>1</sup> Vale ressaltar que até este momento não se problematizou a concepção de que seja possível “ver o átomo”. Tal discussão foi reservada para a aula em que se discute a necessidade da difração como forma de medir indiretamente a estrutura cristalina.

mente ele está citando que os núcleos vão ter uma certa distância para formarem o material. Esses também são conceitos aprendidos na sala de aula quando fala-se em ligação química, que os núcleos estão separados por uma certa distância de menor energia para terem estabilidade. Percebe-se de forma explícita a concepção classificada na zona do atomismo clássico, segundo o referencial apresentado no presente trabalho.

Apesar de não ser o foco deste estudo, após ler as respostas obtidas, viu-se que seria interessante ampliar uma discussão sobre os orbitais, solução quântica para a ligação molecular. Esta foi a principal fragilidade do produto originalmente proposto, o que ensejou uma reformulação com a inserção de uma discussão sobre a visão quântica utilizando o aplicativo PhET sobre interações atômicas.

Três estudantes apresentam respostas que não foram relacionadas com nenhuma categoria discutida nesse capítulo, como pode ser verificado na transcrição abaixo:

**FE:** Até que toda a barra fique 0.5 mm.

**AI:** Até que a barra fique em 1 cm.

**IZ:** Eu acho que ela pode ser dividida até 0.5 milímetros.

Observa-se que os estudantes se limitam à divisão da barra de alumínio, pressupondo que seja impossível dividi-la mais, porém não justificam suas respostas. O mais provável é que esses estudantes estejam relacionando suas respostas com o aspecto tecnológico, entendendo que não seja possível dividir mais por falta de um equipamento para prosseguir.

Os estudantes relacionados na pesquisa cursavam o terceiro ano do Ensino Médio, e já haviam tido contato com a concepção atômica, temas abordados nessa SD. Nesse contexto, o diálogo aqui apresentado em torno de questões conceituais teve o intuito de possibilitar que eles organizassem suas ideias, levando-os a buscar formas para organizar seu conhecimento. Para isso é relevante fornecer fatos de suas vivências e disponibilizar tempo para que o estudante reflita sobre suas concepções, para que a partir dessas elaborações iniciais o professor tome conhecimento e possa analisar quais concepções possuem e se há algum obstáculo, para que assim possa propor novas concepções que auxiliem na evolução dos conceitos.

Pode-se observar, por meio do resultado desse diálogo, que o presente estudo atingiu esse objetivo, ou seja, os estudantes refletiram sobre suas ideias iniciais e tomou-se conhecimento delas para que se fossem propostas atividades que buscassem a evolução dessas concepções. Pode-se inferir aqui que os aspectos discutidos proporcionaram um ambiente de reflexão, levando o estudante a pensar e expressar melhor suas concepções sobre os assuntos, viabilizando um caminho para adquirir novas concepções. Assim o estudante expressa suas ideias,

coloca-as à prova ao discuti-las com seus colegas, levanta hipóteses que considera corretas e faz novas conclusões.

Em síntese, acredita-se ter podido perceber na análise das duas primeiras etapas as seguintes concepções prévias:

1. presença da concepção atomística, embora ela conviva com a concepção de matéria contínua, de forma concomitante e polissêmica;
2. existência da concepção ingênua, reminiscência da zona sensorialista do perfil conceitual de átomo, em que se acredita na possibilidade de “ver o átomo”;
3. dificuldades de conciliar a estrutura do átomo e seus “vazios” na constituição da matéria;
4. ausência da concepção de estrutura dos materiais, com certa “surpresa” ao ter contato inicial com a concepção de “estrutura cristalina”.

## **7.2 Concepções presentes na produção textual ao final da SD**

Finalizando a SD, foi solicitado que os estudantes elaborassem um texto relacionando os temas abordados em todas as atividades propostas da sequência didática. Essa proposta tem a finalidade de verificar a apropriação dos conceitos e relacionar a evolução conceitual dos estudantes após o desenvolvimento das atividades.

Analisando os textos pode-se observar a presença de novas concepções, apresentando os conceitos abordados durante o desenvolvimento das atividades. Assim foi possível verificar como os estudantes evoluíram suas concepções após o desenvolvimento de atividades investigativas e a mediação do professor.

O estudo das produções textuais foi orientado pela questão e pelos objetivos da presente pesquisa, para que assim se pudesse buscar respostas satisfatórias para a investigação proposta.

A seguir são apresentados alguns trechos transcritos das produções textuais dos estudantes, para assim verificar a possível apropriação dos conceitos diante do desenvolvimento das atividades propostas.

Considerando o elevado número de textos, a presente análise ficou restrita às transcrições daqueles estudantes que, durante o desenvolvimento das atividades, apresentaram-se mais ativos, colaboraram mais nos diálogos e estiveram presentes em todas as atividades. Foram analisados os textos dos estudantes MP, JE, LT, RV, TH, IV, VT, SA e VN.

Dos textos analisados, todos os estudantes, escreveram que a matéria é constituída de átomos e que esses estão organizados geometricamente.

Seguindo essa concepção, o estudante MP escreveu que:

“Toda matéria é constituída de átomos medindo aproximadamente 0,1 nm se agrupando e formando uma matéria ou forma. Já os cristais que possuem faces bem definidas e bem regulares, um fator relevante na forma bem definida são as estruturas dos átomos que os formam” (Estudante MP, registro escrito, aula 9).

Pode-se perceber que o estudante apresenta concepções que são pertinentes à terceira zona do perfil conceitual de átomo elaborado por Mortimer (2000), pois refere-se que a matéria é constituída por átomos e que estão organizados. Relaciona, também conceitos discutidos durante o desenvolvimento das atividades, ao referir que as faces bem definidas dos cristais são devidas a estrutura como seus átomos se organizam.

Mortimer e El-Hani (2014), classifica as concepções atomista, na terceira zona do perfil conceitual do átomo, considerando a visão clássica da matéria. Nesse sentido o átomo corresponde a unidade básica de constituição da matéria, esta sendo o resultado da combinação entre os átomos. Também, podemos relacionar aqui concepções atomista, relacionadas à terceira zona de estrutura da matéria, onde as propriedades de qualquer material dependem da quantidade e do tipo de átomos, da forma como são ordenados e da maneira como são organizados no espaço, sua geometria.

Nessa perspectiva, os trechos a seguir foram transcritos do registro escrito produzidos por alguns estudantes e também apresentam-se relacionados à discussão:

**LT:** Os materiais sólidos possuem forma e volume constantes, uma organização entre seus átomos fazendo com que assim, os cristais tenham estrutura bem definida.

**LV:** Os átomos são as menores estruturas que compõe a matéria. Para formar tudo aquilo que existe, os átomos se aglomeram entre si.

**TH:** Os átomos se arranjam de forma organizada em especial nos cristais por isso dando uma forma geométrica neles.

Pode-se observar que o estudante LT relaciona a organização dos átomos no cristal à sua a forma. Estes são conceitos discutidos em aula. Sendo assim, percebemos que o estudante reproduz situações discutidas nas atividades.

Pode-se perceber que os estudantes apresentam concepções que se classificam como características da zona atomista, como citado anteriormente. Segundo Mortimer e El-Hani (2014)

os “modos de falar” são expressões características de uma determinada zona conceitual que auxilia a identificar exemplos dessas zonas e enunciados. Aparentemente esses estudantes evoluíram suas definições, ou “modos de falar”, visto que, suas ideias iniciais apresentaram, também, a visão classificada na zona sensorialista, onde as definições envolvem percepções imediatas, sensações e/ou intuições e surgem da experiência empírica.

Mortimer e El-Hani (2014) referem-se à apropriação de um determinado conceito por indivíduos, apontando que isso significa que seu pensamento passa a ser limitado por esse significado, como consequência do processo de aprendizagem, atinge um estado de estabilidade em seu processo de pensamento. Ao analisar o discurso dos estudantes nos textos, pode ser visto que conceitos relacionados à estrutura da matéria foram apropriados em confronto com as definições iniciais apresentadas por eles, isto é, houve evolução dos conceitos.

Nesse sentido, o trecho a seguir apresenta mais algumas transcrições dos textos produzidos pelos estudantes, relacionando o conceito de estrutura da matéria.

**IV:** O átomo é a menor parte da matéria. Os átomos estão organizados de forma bem definida.

**VT:** Toda matéria é constituída por átomos e esse se agrupam para formar a matéria.

Os estudantes apresentam a concepção de que os átomos estão organizados para formar a matéria, onde pode-se verificar que o discurso dos estudantes pode ser classificado na zona atomista do perfil conceitual de átomo formulado por Mortimer (2000).

Seguindo a análise dos textos produzidos pelos estudantes, pode-se verificar a presença de algumas concepções relacionadas à limitação de visualização das dimensões atômicas. Os estudantes citam que, apesar de se referir à organização dos átomos para formar a matéria, não é possível “ver” os átomos. Nesse sentido, logo explicam que como estratégia para perceber as estruturas moleculares, em especial as cristalinas, utiliza-se a difração de raios X. Isso pode ser observado nas transcrições apresentadas a seguir.

**JE:** Apesar de não ser visível a olho nu, é possível perceber as regiões dos átomos por meio da difração de raios-X, pois esses possuem o comprimento de onda na mesma escala de grandeza que a menor partícula que caracteriza a matéria. Essa técnica, em especial, pode ser utilizada para mostrar a organização ou arranjo dos átomos entre si nos cristais, que possuem faces bem definidas.

**SA:** Com a utilização dos raios-X é possível repetir o mesmo experimento, só que no nível atômico. Com isso pode-se determinar o tamanho e a posição dos átomos no cristal (Refere ao experimento da difração).

**IV:** Podemos perceber a forma que os átomos se arranjam por meio da difração de raios-X, mostrando de forma clara como eles se organizam.

**LV:** Mesmo que não seja ver observar a atividade dos átomos, ou mesmo sua estrutura, podemos percebê-los com mais clareza por difração.

**VN:** Não podemos vê-los mas podemos percebê-los usando a difração.

Pode-se observar os estudantes explicam como “ver” o átomo com os elementos discutidos durante o desenvolvimento das atividades em sala de aula, tendo em vista que foi realizado o experimento de difração da luz como analogia à difração de raios X e, posteriormente, formalizada a relevância do estudo da difração para as pesquisas científicas. Entretanto, vale ressaltar que a menção a “não ser visível a olho nu” não necessariamente indica a compreensão da gravidade do fato de não ser possível “ver” o átomo mesmo com o melhor microscópio.

Em conclusão, a análise da produção textual dos estudantes após a realização da SD demonstrou uma evolução nos “modos de falar”. Na primeira atividade da SD verifica-se que os estudantes têm forte tendência a dizer que os átomos podem ser vistos, como já foi discutido anteriormente. Nas elaborações textuais posteriores à SD é perceptível que evoluíram o discurso, considerando que não é possível a visualização direta, e justificam corretamente a necessidade do uso da difração de raios X para, indiretamente, “ver” os átomos e a estrutura da matéria.

Entretanto, cabe investigar se esta apropriação do discurso científico foi meramente mecânica.

### **7.3 Concepções seis meses depois...**

Assim, buscando analisar a persistência da evolução do perfil conceitual de átomo e estrutura molecular nos discursos dos estudantes após serem submetidos ao processo de aprendizagem, foram realizadas entrevistas alguns meses depois do desenvolvimento das atividades aqui analisadas. Nos dias 27, 28 e 29 de novembro de 2017. Essa estratégia de análise foi realizada de forma individual, por meio de um diálogo entre professor e estudante, na forma de uma entrevista semi-estruturada. As conversas foram gravadas e, posteriormente, transcritas.

A seguir são apresentados trechos de transcrições das respostas de alguns estudantes, consideradas relevantes para a presente análise.

Mortimer e El-Hani (2014) defendem as entrevistas como um aspecto metodológico relevante para a análise de dados relacionados à teoria do perfil conceitual de um dado conceito, referindo que as entrevistas, por possuírem caráter dinâmico, permitem um maior aprofunda-

mento na coleta de dados, possibilitando a descoberta se e como os sujeitos da pesquisa se tornam conscientes de seu próprio perfil.

Durante a entrevista o professor propõe uma série de questões para discutir temas abordados nas atividades da SD e assim verificar as concepções presentes no discurso dos estudantes, em especial envolvendo os conceitos de estrutura da matéria.

Iniciando a entrevista, é proposta uma situação hipotética e logo em seguida as questões relacionadas a temas discutidos durante o desenvolvimento das atividades da SD. Foi citado para o estudante que imaginasse a situação em que ele estivesse em um laboratório muito bem equipado com vários instrumentos para fazer qualquer análise necessária e estivesse observando um cristal de quartzo, porém ele o deixa cair e o cristal se quebra. Entretanto, o estudante deve imaginar que foi possível juntar alguns pedaços e montar o cristal novamente, de forma que suas faces se encaixassem perfeitamente, como se fosse um quebra cabeça. Neste contexto, o estudante é questionado sobre como poderia estudar a estrutura do cristal, descobrindo porque foi possível juntar as partes, formando as faces de forma bem regular novamente.

O intuito era iniciar a discussão sobre a estrutura molecular, verificando qual concepção os estudantes possuem sobre a organização dos átomos para formar a matéria. Além disso, verificar como os conceitos abordados no desenvolvimento das atividades da SD levaram os estudantes à evolução em seus modos de pensar.

Tentando explicar como pode ser realizado o estudo da estrutura do cristal, alguns estudantes citam a limitação de “ver” em dimensões atômicas, como pode ser visto no trecho transcrito da fala do estudante JE.

**JE:** Incidir luz? Ou melhor, uma radiação. Eu lembro que, para estudar a estrutura eu posso perceber os átomos, ao incidir uma radiação nos fragmentos. Eu lembro que estudamos, não é? Dá para perceber a estrutura.

Percebe-se que o estudante reproduz conceitos abordados sobre a utilização da estratégia de difração para estudo de estrutura cristalina, concebendo que não seria possível a visualização direta da estrutura dos átomos no cristal.

A seguir é questionado o que seria possível observar caso pudesse ampliar ao máximo o cristal e logo em seguida como seria a estrutura do material. JE responde: “os átomos do material estariam organizados”. Para explicar como pôde encaixar as partes do cristal o estudante sugere: “Explicaria talvez, pela forma onde ele quebrou a organização de seus átomos. Dependendo da forma como você quebra ele percebe umas faces mais pontiagudas?”. É perceptível que as concepções do estudante podem ser classificadas como concepção atomista do

perfil conceitual de molécula, visão estrutura molecular (MORTIMER, 2000), ao relacionar que a matéria é formada por átomos e que estes estão organizados geometricamente para formar a estrutura molecular.

Nesse sentido, IV apresenta em seu discurso visão da zona estrutura molecular, como pode ser observado no trecho:

**IV:** A gente tinha falado da difração da luz. Isso ajuda, né. Porque eu acho que teria que ver como os átomos se organizam ali. Estrutura organizada.

Pode-se observar que IV relaciona o fato da percepção da organização dos átomos ser relevante para o estudo do material.

Analisando as respostas dos demais estudantes, observa-se que a maioria cita que deveria ampliar as partes do cristal para estudar a estrutura dele, sendo que quatro desses estudantes especificaram que usariam um aparelho para observar o material, um microscópio. Logo foi verificado nos discursos que mesmo após a mediação do professor nas atividades propostas alguns estudantes continuavam com a visão de que poderiam “ver” a estrutura dos átomos, como pode ser visto na resposta de VT:

**VT:** Eu ia olhar se os átomos ainda estavam certinho, né. Não sei se eles estariam organizados assim (observando o modelo da caixa de vidro).

Observando que nas primeiras aulas o estudante VT considerou o aspecto tecnológico relevante ao dividir a barra de alumínio cada vez menor, aqui ele apresentou ainda a mesma visão de que para o estudo poderia “olhar” a estrutura dos átomos, ou seja, ele não relacionou nessa situação da análise do cristal os limites tecnológicos, mudando o discurso anterior. Assim, considerou que é possível a visualização direta na dimensão atômica, não concebendo a ideia da limitação para observações nessas dimensões, fato que foi citado por ele na produção textual, porém, aparentemente, não houve apropriação dessa concepção a longo prazo.

O estudante VN também relaciona o aspecto tecnológico, na primeira aula da SD, porém ao discutir a análise do cristal cita que poderia: “Olhar a estrutura dos átomos”. Ou seja, considerou relevante a estrutura dos átomos no material ao explicar porque o cristal consegue formar faces regulares mesmo que tenha se quebrado. Seguindo a entrevista, o estudante destacou que: “Não conseguimos ver os átomos. Não exatamente ver eles. Mas estariam organizados”. Pode-se observar que o estudante fez correção quanto à limitação para “ver” diretamente, apresentando conceitos discutidos nas atividades da SD. E também, apresenta concepção sobre a estrutura molecular, como as discutidas anteriormente.

Nessa perspectiva, nota-se que todos os estudantes concordaram que os átomos estão organizados para formar a estrutura do cristal. Logo pode-se inferir que há presença de concepções nos discursos dos estudantes que são classificadas na zona atomista do perfil conceitual de átomo e zona estrutura molecular do perfil conceitual de molécula. Com evidências de evolução nos conceitos ao confrontar as definições apresentadas pelos estudantes nas primeiras aulas e as obtidas com a presente entrevista. Isso pode ser presenciado nas respostas transcritas dos estudantes TH, LT e IZ:

**TH:** Ampliando ficaria melhor de observar os átomos e as moléculas. Os átomos estarão organizados.

**IZ:** Acho que por um microscópio, pra ver os átomos e explicar porque que deu pra juntar direitinho. Eu acho que iam estar mais organizados.

**LT:** Os átomos. Organizados.

Esses três estudantes apresentaram concepção sensorialista de acordo com o perfil conceitual de átomo elaborado por Mortimer (2000), porém após o desenvolvimento das atividades e mediação do professor, demonstraram uma visão relacionada a estrutura molecular. Sendo que após alguns meses do desenvolvimento da SD ainda citam ideias relacionadas a essa zona do perfil conceitual. Infere-se que houve apropriação e evolução dos conceitos a longo prazo.

Assim, a análise das entrevistas após seis meses do desenvolvimento da SD nos permitiram tecer as seguintes considerações:

1. a maioria dos estudantes ainda expressa a concepção da estrutura da matéria como composta de átomos em uma ordem cristalina;
2. entretanto, uma maioria ainda expressa a ideia de que podem “ver” o átomo, se lembram da discussão sobre a impossibilidade de ver o átomo, mas apresentam um discurso impreciso e polissêmico;
3. mesmo os poucos estudantes que apresentam a concepção científica para a estrutura atômica mais amadurecida, não são tão claros quanto na produção textual logo após a aplicação da SD.

## 8 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho constituiu-se em elaborar e desenvolver uma sequência didática que possui como objetivo promover a aprendizagem relacionada à estrutura da matéria, além de verificar a evolução do modo de pensar dos estudantes. Tendo em vista que não há na literatura um perfil conceitual para o tema, procurou-se relacionar as ideias dos estudantes de acordo com as zonas dos perfis conceituais de átomo (MORTIMER, 2000) e estrutura molecular (MORTIMER; EL-HANI, 2014). Para isso, os dados da presente pesquisa foram coletados ao desenvolver a SD, constituída por nove aulas, em uma turma de terceiro ano do Ensino Médio de uma escola pública.

Nessa perspectiva, foram desenvolvidas atividades para promover a compreensão dos conceitos a partir da mediação do professor e de atividades experimentais. Em especial, utilizou-se a difração da luz como analogia à difração de raios X, exemplificando uma estratégia para a determinação de estruturas cristalinas. Com isso, foram feitas discussões verificando qual a visão do estudante sobre o assunto para que no final do desenvolvimento ele pudesse ser verificadas a evolução de suas concepções.

Os dados coletados para a presente pesquisa foram organizados e analisados por fundamentação em leituras sobre a metodologia conhecida como Análise de Conteúdos, assumindo parcialmente as etapas dessa metodologia.

Foi observado que nas primeiras aulas alguns estudantes apresentaram concepções sensorialistas e ingênuas, baseando-se em seus sentidos, tais concepções são caracterizadas por uma visão contínua da matéria (não-atomismo), enquanto outros já apresentaram a ideia de matéria constituída por átomo, isto é, uma visão atomista, de acordo com o perfil conceitual de átomo anteriormente referenciado. Além disso, de forma geral, os estudantes aceitavam a possibilidade de visualização direta das dimensão atômicas.

Após o desenvolvimento das atividades, onde os conceitos foram abordados e demonstrados com experimentos, pode-se perceber uma evolução no discurso dos estudantes. Na análise da produção textual após o desenvolvimento da SD, verificou-se que todos eles apresentaram concepções classificadas na zona atomista do perfil conceitual de átomo (MORTIMER, 2000). Também pode ser visto que os estudantes apresentaram explicações mais consistentes sobre o fenômeno demonstrado, a difração, e consideraram que esta é uma importante técnica para estudos de estrutura cristalina.

Após aproximadamente seis meses do desenvolvimento da atividade foi realizada uma entrevista com os estudantes participantes da pesquisa, visando verificar uma manutenção dos conceitos a longo prazo. Nessa estratégia foi verificado que os conceitos sobre a estrutura da matéria estavam presentes nos discursos dos estudantes, porém não apresentavam uma visão tão clara e consistente quanto observada na elaboração do texto logo após o desenvolvimento da SD. Alguns conceitos discutidos, como a limitação da visualização das dimensões atômicas com a luz visível não foram constatados nestes discursos. Sendo assim, foi possível perceber que a longo prazo alguns estudantes têm maior facilidade para se apropriar dos conceitos, enquanto outros apresentam um conhecimento mais mecanizado e momentâneo.

Algumas discussões promovidas durante o desenvolvimento das atividades proporcionaram a reflexão quanto à potencialidade da mesma. Enfim, observou-se que as atividades contribuíram muito para a evolução das concepções dos estudantes, além de proporcionar-lhes socialização e interação, facilitando o aprendizado. No entanto, vale ressaltar que a presente pesquisa faz uso de uma certa adequação do perfil conceitual de átomo e estrutura da matéria elaborados por Mortimer (2000), Mortimer e El-Hani (2014) para avaliar os discursos dos estudantes relacionados à estrutura cristalina. Nesse contexto, pode-se considerar que para futuras pesquisas, seja importante a elaboração de um perfil conceitual de estrutura da matéria, categorizando as concepções em zonas, de acordo com o Ensino de Física, visto que os perfis conceituais apresentados na literatura possuem forte ligação com o Ensino de Química.

Após a análise dos dados, percebe-se que o objetivo da pesquisa de elaborar e desenvolver uma sequência didática voltada para o Ensino Médio, em busca de melhor entendimento sobre estrutura da matéria, abordando atividades investigativas, foi atingido e com resultados positivos para o processo de ensino-aprendizagem em sala de aula. A perspectiva que emerge do presente trabalho é que a SD pode ser desenvolvida na Educação Básica ou até mesmo na Educação Superior, podendo, assim, confirmar sua viabilidade e eficiência para o Ensino de Física.

Tornou-se nítida e perceptível a evolução profissional da autora deste estudo, tendo desenvolvido um trabalho com o intuito de contribuir para as pesquisas na área de ensino-aprendizagem. Na busca de entender como se dá a apropriação dos conceitos científicos em sala de aula, foram feitas pesquisas e leituras relacionando metodologias e estratégias de ensino, assim como a apropriação do estudo relacionado ao referencial teórico da Teoria de Perfis Conceituais de Mortimer. Tais apropriações e atividades proporcionaram uma nova visão de

como ocorre o processo de aprendizagem, possibilitando melhorias nas práticas pedagógicas para facilitar o acesso do estudante aos conceitos científicos.

## REFERÊNCIAS

- ARAUJO, M. S. T. d.; ABIB, M. L. V. d. S. Atividades experimentais no ensino de física: Diferentes enfoques, diferentes finalidades. v. 25, n. 2, 2003.
- ARONS, A. B. Guiding insight and inquiry in the introductory physics laboratories. *The Physics Teacher*, v. 31, n. 5, p. 278–282, may 1993.
- AZEVEDO, M. C. P. S. de. *Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula*. Cengage learning. São Paulo: Ensino de Ciências-unindo a pesquisa e a prática, 2004. 165p.
- BARDIN, L. *Análise de Conteúdo. Tradução de Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro*. Lisboa: Edições 70, 1977.
- BRASIL. *Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio). Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias*. Brasília: DF, 2000. 58 p.
- BRASIL. *PCN+ do Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias*. Brasília: DF, 2000. 59-86 p.
- BRAVO, S.; PESA, M. Evaluación del aprendizaje de interferencia y difracción de la luz en el laboratorio de física. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 21, n. 2, p. 38–104, 2016.
- CARRIAZO, J. G. Laboratory projects using inquiry-based learning: an application to a practical inorganic course. *Química Nova*, São Paulo, v. 34, n. 6, p. p. 1085–1088, 2011.
- CARVALHO, A. M. P. de. As práticas experimentais no ensino de física. In: \_\_\_\_\_. São Paulo: Cengage Learning: Ensino de Física, 2010. cap. 3, p. 53–78.
- CATELLI, F.; LIBARDI, H. Cds como lentes difrativas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 32, n. 2, 2010. 2307.
- CHORNG-HAUR, S.; UDALAGAMA, C. N. B.; GEOK-QUEE, L. Teaching crystal structures using a transparent box with tennis balls. *Journal Of The Nus Teaching Academy*, v. 3, n. 1, p. 18–33, 2013.
- COLLEGEBOARD. *Inquiry-Based Lab Investigations: A Teacher's Manual*. New York, 2015.
- DANTAS, S. A. *Imagens holográficas como tema gerador para abordagem dos fenômenos de interferência e difração da luz*. 185 p. p. Dissertação (Mestrado) — UFU, Programa de Pós - Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Uberlândia, 2016. Dissertação (mestrado profissional).
- FLICK, U. *Introdução à pesquisa qualitativa; tradução Joice Elias Costa*. 3 ed.. ed. Porto Alegre: Artmed: [s.n.], 2009. 405p. ISBN 978-85-363-1711-3.
- FRANCO, M. L. P. B. *Análise de conteúdo*. 2ª edição. ed. Brasília: Liber Livro Editora: [s.n.], 2005. 79p. p.
- GIBIN, G. B.; FILHO, M. P. de S. *Atividades experimentais investigativas em física e química: uma abordagem para o Ensino Médio*. São Paulo: Editora Livraria da Física: Ensino de Ciências-unindo a pesquisa e a prática, 2016. (Série Ensino de Química).

GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4 ed.. ed. São Paulo:Atlas: [s.n.], 2002. 405p. ISBN 85-224-3169-8.

GOLDENBERG, M. *A arte de pesquisar: como fazer pesquisa qualitativa em Ciências Sociais*. 8ªed.. ed. Rio de Janeiro: Record: [s.n.], 2004. ISBN 85-01-04965-4.

IVANOV, D.; NIKOLOV, S. Demonstrations of wave optics (interference and diffraction of light) for large audiences using a laser and a multimedia projector. *Physics Education*, v. 46, n. 6, p. 705, 2011.

JARDIM, W. T. Vizualizando a difração e interferência de ondas através do programa google earth: discutindo história da ciências e natureza da luz. *Física na Escola*, v. 14, n. 1, 2016.

LAUE, M. v. Nobel lectures: Concerning the detection of x-ray interferences. Acessado em 20 de agosto de 2016. 1914. Disponível em: <[http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/1914/laue-lecture.html](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1914/laue-lecture.html)>.

LOPES, M. S. S. *Avaliação da aprendizagem em atividades colaborativas em EAD viabilizada por um fórum categorizado*. 168 f.; il p. Dissertação (Mestrado) — UFRJ, Rio de Janeiro, 2007. Dissertação (Mestrado em Informática)).

LUNETTA, V. N.; HOFSTEIN, A.; CLOUGH, M. P. Learning and teaching in the school science laboratory: an analysis of research, theory and practice. *Handbook of Research on Science Education*, Londres: Lawrence Erlbaum Associates Publishers, 2007.

MARCONI, M. D. A.; LAKATOS, M. *Fundamentos de metodologia científica*. 5ªed.. ed. São Paulo : Atlas: [s.n.], 2003. ISBN 85-224-3397-6.

MARTINS, H. H. T. de S. Metodologia qualitativa de pesquisa. *Educação e Pesquisa*, São Paulo, v. 30, n. 2, p. p. 289–300, maio/ago 2004.

MORTIMER, E. F. Studying conceptual evolution in the classroom as conceptual profile change. *The Proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*, Misconceptions Trust, Ithaca, NY, 1993.

MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? *Investigações em Ensino de Ciências*, São Paulo, v. 1, n. 1, p. p. 289–300, 1996.

MORTIMER, E. F. *Linguagens e Formação de Conceitos no Ensino de Ciências*. Belo Horizonte:ed. UFMG: Aprender, 2000. v. 1. (II, v. 1). 383p. ISBN 85-7041-181-2.

MORTIMER, E. F.; EL-HANI, C. N. *Conceptual Profiles: A Theory of Teaching and Learning Scientific Concepts*. New York London: Contemporary Trends and Issues in Science Education, 2014. v. 42.

PLANINSIC, G.; CORONA, A.; SLISKO, J. Rainbow-like spectra with a cd: An active-learning exercise. *The Physics Teacher*, v. 46, p. 329–333, 2008.

SETLIK, J.; HIGA, I. Leitura e produção escrita no ensino de física como meio de produção de conhecimentos. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 9, n. 3, 2014.

SILVA, L. da. *Atividade de Demonstração Interativa (ADI): problematizando o estudo da difração e da interferência*. 155 p. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Lavras, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Lavras, 2015. Dissertação (mestrado profissional).

SILVA, S. L. A.; VIANA, M. M.; MOHALLEM, N. D. S. Afinal, o que é nanociência e nanotecnologia? uma abordagem para o ensino médio. *Química nova na escola*, v. 31, n. 3, 2009.

SOUZA, L. A.; SILVA, L. da; HUGUENIN, J. A. O.; BALTHAZAR, W. F. Discutindo a natureza ondulatória da luz e o modelo da óptica geométrica através de uma atividade experimental de baixo custo. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 37, n. 4, 2015. 4311.

VICENZI, S. *Difração e interferência para professores do Ensino Médio*. 159 p p. Dissertação (Mestrado) — UFRGS, Porto Alegre, 2007. Dissertação (Mestrado Profissional).

WATSON, J. D. *DNA: O segredo da vida*. São Paulo: Companhia das Letras: [s.n.], 2005. Tradução: Carlos Afonso Malferrari.

XAVIER JUNIOR, A. L. Máscara espectrográfica para registro digital de espectros de fontes brilhantes. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 34, n. 2, 2017. P. 621-635.

**A APÊNDICE A - SEQUÊNCIA DIDÁTICA - MATERIAL DO ALUNO**

## Atividade 1 – A História de Rita

### ETAPA I – AULA 1

#### ATIVIDADE 1 – TEXTO

#### A HISTÓRIA DE RITA

Rita, uma curiosa aluna do Ensino Médio, tem visto e ouvido muito sobre nanociência, nanotecnologia e nanopartículas. No entanto, afinal, o que significa cada um desses novos termos que, a cada dia, se fazem mais presentes no dia a dia? Convidamos você a fazer uma viagem com Rita e descobrir junto com ela um pouco sobre o mundo NANO.

– Li que se um material é nanoparticulado (constituído por nanopartículas), este apresentará propriedades diferentes dos materiais sólidos macroscópicos ou dos particulados (feito de partículas da ordem de micron). E é esse o motivo da grande exploração e interesse nesses novos materiais.

– E as nanopartículas, o que são? Nanopartículas para lá, nanopartículas para cá, mas o que vem a ser essas tais nanopartículas?

– Nano é um prefixo que vem do grego e significa anão – disse a professora de português.

– Nano está relacionado com a ordem de grandeza – disse a professora de matemática.

#### *Rita descobrindo o que é nano*

Rita está na primeira série do Ensino Médio e está aprendendo sobre medidas. A professora de matemática, Clarice, forneceu uma fita métrica de 1 m para cada aluno e pediu para que eles fossem medindo tudo o que vissem pela frente. Em certa data, deveriam apresentar o trabalho explicando como expressar a ordem de grandeza de cada medida. Rita achou melhor começar pelo caminho até a sua casa.

Foi medindo a rua da escola até a porta de seu apartamento e percebeu que deu muito trabalho, pois teve que fazer 100 medidas com a fita de um metro, ou seja, 100 m. O caminho da escola até o apartamento de Rita possui uma ordem de grandeza de  $10^2$  m. No dia seguinte, disse que mediria o prédio, mas sua mãe pegou o chinelo e gritou:

– Não vai não, você pode se machucar, mas... Eu sei qual é a altura do prédio: são dez metros.

– Beleza, mãe!

A altura do prédio de Rita possui uma ordem de grandeza de  $10^1$  m.

– Estou com 15 anos e cresci bastante nos últimos meses. Vou medir minha altura. Nossa, estou com 150 cm ou 1,5 m. A altura de Rita possui uma ordem de grandeza de  $10^0$  m.

– Mãe, está muito calor, você corta meu cabelo?

– Quanto do seu cabelo você quer que eu corte? – perguntou a mãe.

– De acordo com minha fita, 10 cm estão bons.

A mãe cortou 10 cm ou 0,1 m dos cabelos de Rita em um corte bem moderno. O comprimento cortado dos cabelos de Rita possui a ordem de grandeza de  $10^{-1}$  m.

– Minha filha, que unha grande! Vou aproveitar a tesoura! – disse assustada a mãe.

– Espere, mãe, deixa só eu medir antes. Nossa! Minha unha está com 1 cm ou 0,01 m. Que horror! Pode cortar, mãe – disse Rita.

A unha de Rita possui a ordem de grandeza de  $10^{-2}$  m.

A mãe de Rita percebeu que a filha estava coçando muito os cabelos. Então foi investigar.

– Rita, me deixa dar uma olhada em seus cabelos!

– É mesmo, não sei o que é. Está coçando muito!

- Está cheia de piolhos!!! Meu Deus!!!
- Me deixa ver mãe... É bem pequeno, vou medi-lo: 0,1 cm ou 0,001 m.

A ordem de grandeza do piolho que estava na cabeça de Rita é de  $10^{-3}$  m. A mãe de Rita passou um produto anti-piolhos em seus cabelos e logo resolveu o problema. Passado alguns dias, Rita estava meio desanimada e sua mãe ficou preocupada.

- Será que você está com febre? Nossa, está! Vamos ao médico.
- Rita havia contraído um vírus da gripe e deveria permanecer em repouso.
- Mas Doutor, não é só catar o vírus, que nem piolho e colocar aquele produto?
- Rá, rá, rá... – riram o médico e a mãe de Rita.
- Não, garotinha. O vírus é muito pequeno. Nem podemos vê-lo.
- O senhor pode me dizer o tamanho? É que estou fazendo um trabalho sobre medidas.
- Claro! É tão pequeno, que sua ordem de grandeza é de  $10^{-7}$  m.
- Nossa! Então é por isso que nem enxergamos.
- É, mas sabemos que existem pelos sintomas que você está apresentando.
- Credo, um ser tão pequeno e que faz tanta diferença!

Passados alguns dias, Rita entregou o trabalho sobre medidas à professora por escrito. Apresentou seu cartaz (Figura 1) e explicou:

– Para encontrar a ordem de grandeza, utilizei a matéria potência de dez. Por exemplo: Se forem duas casas decimais à direita (100), represento como  $10^2$ . E se forem duas casas decimais à esquerda (0,01), represento como  $10^{-2}$ . Então é fácil, o expoente da potência de dez é o número de casas decimais da minha medida.

– E não posso deixar de falar da importância da unidade de medida! – disse Rita. A maioria das medidas foi feita com base na fita que a professora me deu, então eu usarei o metro como minha unidade padrão de medida. Como nem tudo eu consigo medir, utilizei dados da internet para ilustrar o mundo “invisível”.

– Vejam as comparações de dimensões que podem ser feitas quando partimos do átomo até a célula. Podemos ver o quão pequenas são as estruturas biológicas quando trabalhamos com uma ordem de grandeza  $10^{-9}$  m – interveio a professora.

– Eu acho que deveria ser ordem de *miudeza*! – sorriu Rita.

– Professora! Descobri que o tamanho nanométrico é uma medida da ordem de grandeza entre  $10^{-7}$  e  $10^{-9}$  m, ou seja, é tão pequena que não conseguimos enxergar “coisas” desse tamanho – disse Rita.

Rita chegou em sua casa e ficou pensando em tudo que havia aprendido: Coincidentemente, o vírus possui a medida da ordem de grandeza nanométrica. Agora realmente eu entendi a explicação do médico sobre o tamanho dos vírus – lembrou Rita.







### Atividade 3 – Estrutura Cristalina

#### ETAPA II – ESTRUTURA CRISTALINA

#### ATIVIDADE 3 – CRISTAL

Professor(a): \_\_\_\_\_

Aluno: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**“Sabemos que toda a matéria é constituída de átomos, mas como os átomos se arranjam para formar a matéria, em especial nos cristais, os quais possuem faces bem definidas?”**

Na nossa última aula, estimamos quantos átomos estão presentes no diâmetro de um fio de cabelo, fazendo a suposição que pudéssemos enfileirá-los seguidos. Mas como serão estruturados esses átomos nos materiais? Seriam enfileirados? Para entendermos melhor essa estrutura dos átomos nos materiais, vamos direcionar nosso estudo em um material: os cristais.

Foto: cristal de quartzo.



Fonte: O Autor

1 – O que você observa como principal característica nos cristais? (*Faça uma descrição de suas observações sobre o material*). O que você pressupõe que seja um fator relevante na formação da estrutura bem definida do cristal?

---



---



---



---



---



---

#### ***Anotações e Observações***

---



---



---



---



---



---



**Atividade 5 – Interações Atômicas (SIMULAÇÃO)****ETAPA II – ATIVIDADE DE SIMULAÇÃO****INTERAÇÕES ATÔMICAS****ATIVIDADE 5**

Professor(a):

Aluno: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**Siga as instruções e responda aos questionamentos:**

- Explore as interações entre várias combinações de dois átomos.
- Observe a força total atuando sobre os átomos ou as forças individuais de atração e repulsão.

**Abra o simulador de Interações Atômicas no link abaixo:**[https://phet.colorado.edu/sims/html/atomic-interactions/latest/atomic-interactions\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/atomic-interactions/latest/atomic-interactions_pt_BR.html)

1 – Observe o gráfico apresentado no simulador e relate quais os aspectos relacionados.

---

---

---

---

---

2 – Escolha a opção “Argônio Argônio” no lado direito da tela. Aproxime os dois núcleos. O que você observa no gráfico quando os núcleos se aproximam? E se a distância entre os núcleos for muito pequena o que você observa?

---

---

---

---

---

---

**Anotações e Observações**

---

---

---

---

---

## Atividade 6 – Difração

### ETAPA III ATIVIDADE 6 – DIFRAÇÃO

Professor(a):

Aluno: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

#### Atividade experimental demonstrativa

##### Materiais:

- Laser verde.
- Tela de serigrafia (nylon) 1.
- Tela de serigrafia (nylon) 2.
- Aparato para suporte das redes de difração e para o laser (SILVA, 2015).

1 – Observar o experimento feito pelo professor, fazer as medições e registrar na Tabela 2.

MATERIAL (REDE DE DIFRAÇÃO)	Medida de difração no anteparo.
NYLON 1	
NYLON 2	

Tabela 2. Medidas de difração.

2 – Na atividade experimental demonstrativa observamos a difração nos materiais quando expostos à luz do laser. A seguir observaremos os materiais utilizados. Observando a tabela 2, que resultado você espera obter para a tabela 3? Explique.

---



---



---



---



---



---



---

3 – Observar as fotos dos materiais e completar a Tabela 3.

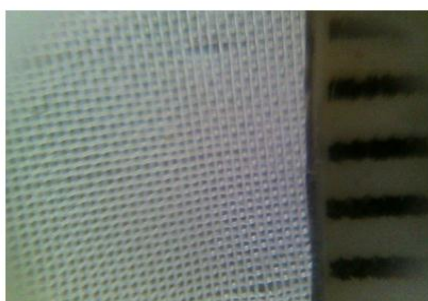


Imagem ampliada do nylon.



Imagem ampliada do nylon.



## Atividade 7 – Difração e Interferência – Parte I

### ETAPA IV – ENTENDENDO A DIFRAÇÃO – AULA 5

#### ATIVIDADE<sup>2</sup> 7 – DIFRAÇÃO E INTERFERÊNCIA<sup>3</sup>

Professor(a): \_\_\_\_\_

Aluno: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

1 – Quando duas ondas se encontram em um ponto, o deslocamento resultante é a soma do deslocamento de cada onda. Chamamos este fenômeno de superposição de ondas. Na figura a seguir temos duas ondas, vermelha e azul, em fase, ou seja, quando os máximos e mínimos ocorrem ao mesmo tempo. Manipulando as transparências, desenhe no terceiro quadro abaixo, o que você observa quando as duas ondas se superpõem. Para ajudar, posicione as duas ondas das transparências de forma que as cristas estejam alinhadas entre si.

2 – Imagine que duas ondas, inicialmente em fase, percorram caminhos diferentes até chegarem ao mesmo ponto P onde se superpõem. O que você espera que aconteça se a diferença dos caminhos for exatamente um comprimento de onda?

---



---



---



---

3 – O que você espera que aconteça se a diferença dos caminhos for exatamente 2 ou 3 vezes o comprimento de onda?

---



---



---



---

### Anotações e Observações

---



---



---

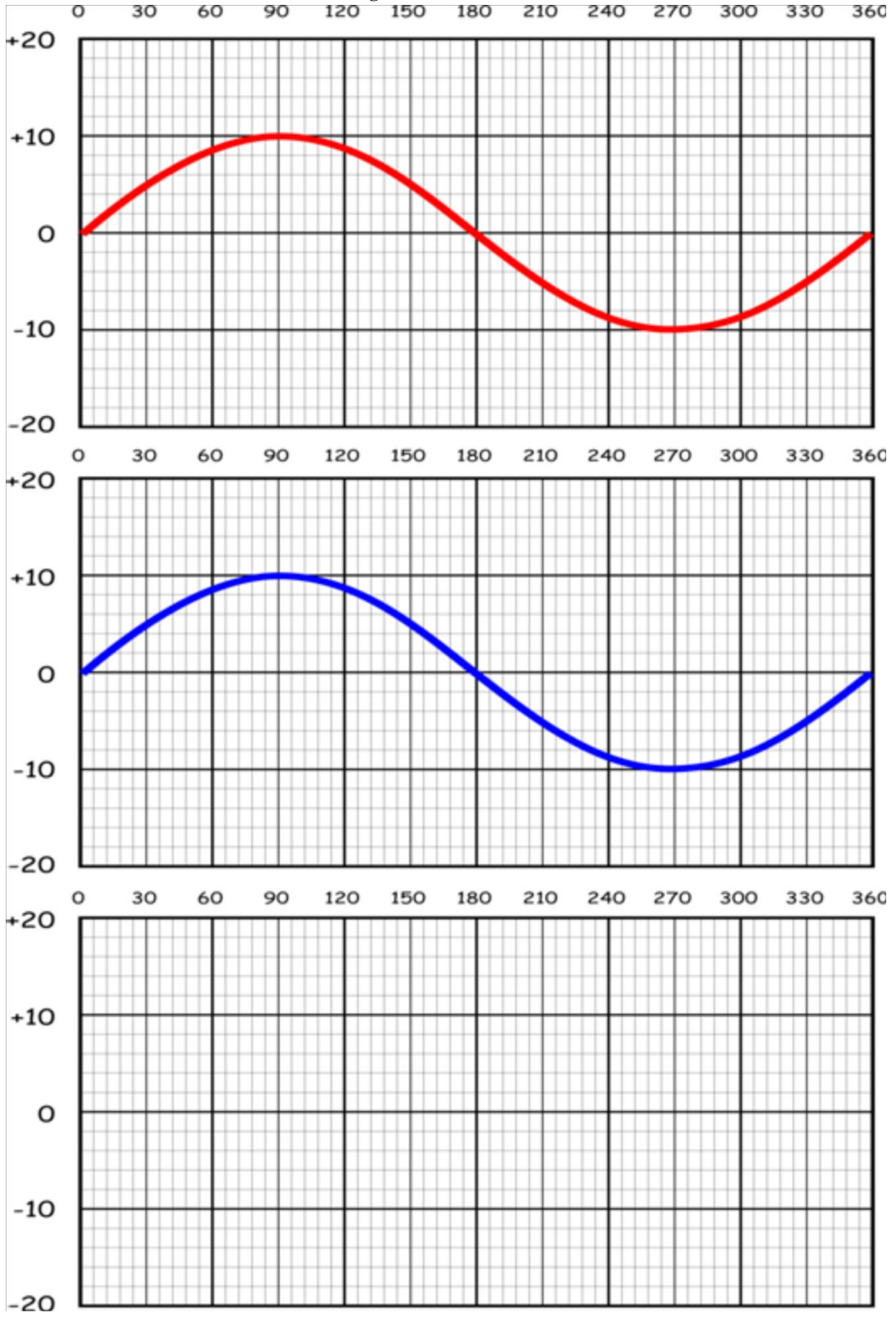


---

<sup>2</sup> Atividade adaptada da sequência didática de (SILVA, 2015), desenvolvida para a dissertação de mestrado. Disponível em: <<http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/10810>>. Acesso em 15 de set. 2018.

<sup>3</sup> **Referência:** SILVA, L. da. **Atividade de Demonstração Interativa (ADI):** problematizando o estudo da difração e da interferência. 2016. 155 p. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

Figura 1 – Atividade 7



1 – Nos quadros a seguir temos duas ondas, uma vermelha e outra azul, em oposição de fase, ou seja, o máximo de uma onda (crista) coincide com o mínimo (vale) da segunda onda. Manipulando as transparências, desenhe no terceiro quadro abaixo, o que você observa quando ocorre a superposição das ondas. Para ajudar, posicione as duas ondas das transparências de forma que as cristas estejam alinhadas com os vales.

2 – Imagine que duas ondas, inicialmente em fase, percorram caminhos diferentes até chegar ao mesmo ponto P onde se superpõem. O que você espera acontecer se a diferença dos caminhos for exatamente meio comprimento de onda?

---

---

---

---

---

3 – O que você espera que aconteça se a diferença dos caminhos for exatamente  $3/2$  ou  $5/2$  de comprimento de onda?

---

---

---

---

---

### ***Anotações e Observações***

---

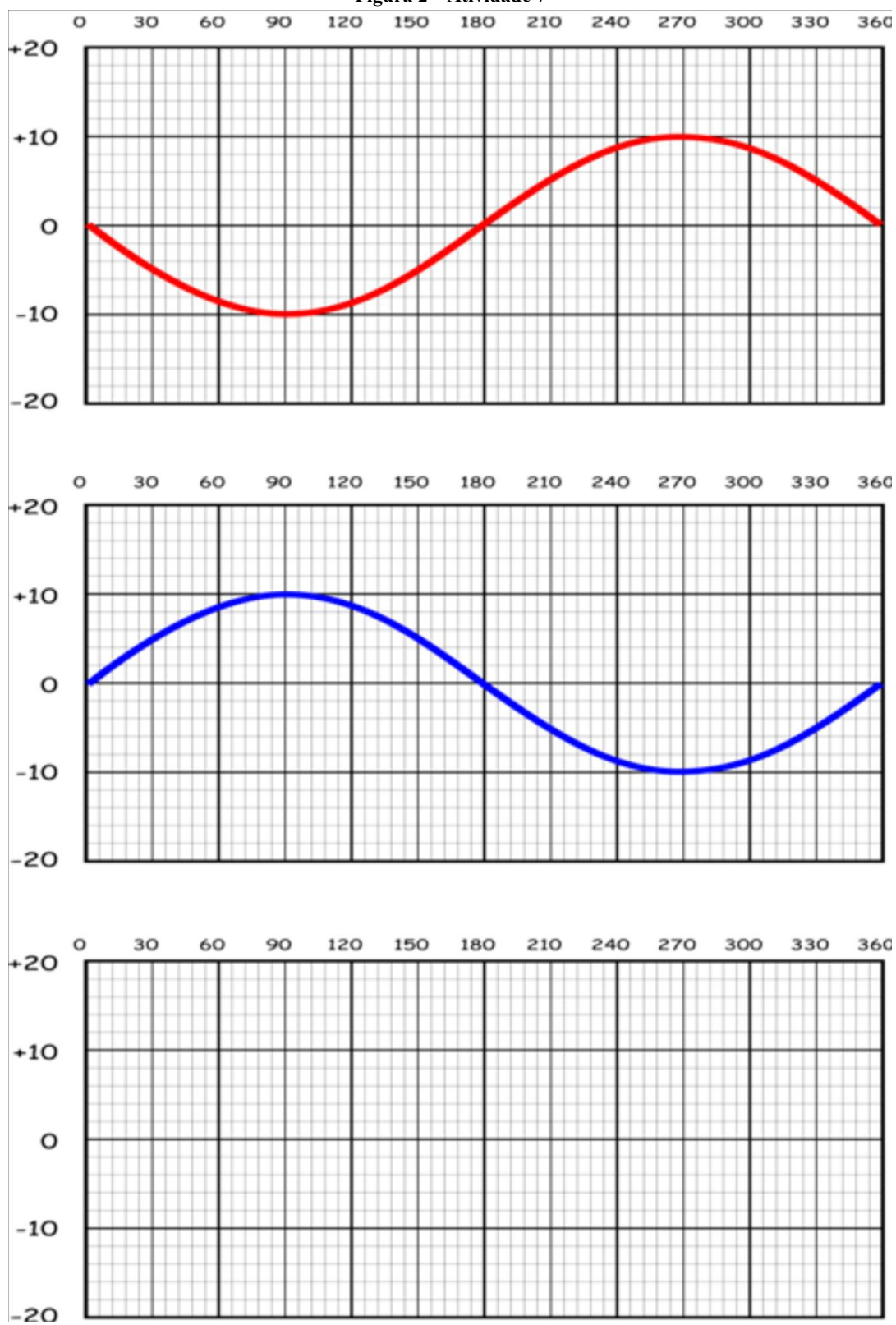
---

---

---

---

Figura 2 – Atividade 7



## Atividade 8 – Difração e Interferência da Luz – Parte II

### ETAPA IV – ENTENDENDO A DIFRAÇÃO – AULA 6

#### ATIVIDADE 8 – DIFRAÇÃO E INTERFERÊNCIA DA LUZ

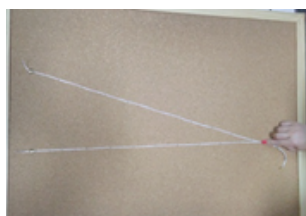
Professor(a): \_\_\_\_\_

Aluno: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

#### Instruções para a atividade:

- Atividade em grupo de quatro estudantes.
- Preenchimento do roteiro da atividade individual.

1 – No experimento do painel, você utilizou dois barbantes representando a luz que passa por duas fendas, **como mostra a figura abaixo**, ao fazer os dois barbantes se encontrarem em certos pontos (supondo um anteparo) marcamos regiões de máximos (faixas claras) e de mínimos (faixas escuras). Como você explicaria, através da superposição de ondas, a formação dessas regiões?




---



---



---

2 – No aparato experimental é utilizado o barbante como representação da onda, no caso a luz. Tomando como partida que a luz é uma onda eletromagnética, fica fácil perceber onde ocorre a interferência construtiva ou a destrutiva. Baseado nas conclusões obtidas na realização do experimento, como você explica a diferença observada na difração da luz nos nylons (experimento demonstrado e discutido na atividade 6, aula 4)?

---



---



---



---

#### **Anotações e Observações**

---



---



---



---

**Atividade 9 – Tela de Celular – Difração****ETAPA IV – ENTENDENDO A DIFRAÇÃO – AULA 6****ATIVIDADE 9 – TELA DE CELULAR – DIFRAÇÃO.**

Professor(a): \_\_\_\_\_

Alunos: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**Instruções para a atividade:**

- Atividade em grupo de quatro estudantes.
- Preenchimento do roteiro da atividade coletiva.

Após observar a difração na tela do celular, reunir em grupo e resolver a atividade.

1 – Elabore um modelo (desenhos e descrições) explicando a difração na tela do celular (Moto G1).

2 – Apresentar para a turma, os modelos do grupo.

**Anotações e Observações**

---

---

---

---

---





**B APÊNDICE B - RELATÓRIO EXPERIMENTAL**



# **DIFRAÇÃO DE LUZ MONOCROMÁTICA ATRAVÉS DE DIFERENTES TIPOS DE REDES.**

**Relatório da atividades experimental**

Relatório da demonstração experimental para desenvolvimento do produto do Mestrado Profissional de Ensino de Física. Atividade realizada por Cinara Maria dos Santos, proposta pelo seu orientador Dr. Ulisses Azevedo Leitão.

Lavras, 22 de novembro de 2016

## RELATÓRIO DA ATIVIDADE EXPERIMENTAL

Aluna: Cinara Maria dos Santos.  
Orientador: Dr. Ulisses Azevedo Leitão.  
Disciplina: Orientação.

**Resumo:** *O referido relatório apresenta dados de análises e conclusões obtidos na atividade de experimentação referente à difração. Demonstrando o efeito da incidência de radiação (luz) sobre uma materiais diferentes, utilizados como redes de difração.*

### FUNDAMENTOS TEÓRICOS:

#### Difração

A estrutura de um material pode ser estudado através da difração de uma radiação, segundo caráter ondulatório. A difração depende da estrutura do material e do comprimento de onda utilizado. Quando o comprimento de onda é de ordem de grandeza ou menor que a constante de rede, podem surgir feixes difratados em diferentes direções. A difração é definida como sendo o desvio ou o espalhamento de ondas (mecânicas ou eletromagnéticas) que encontram um objeto (um obstáculo ou uma abertura) em seu caminho. Algumas ondas, como as ondas sonoras, se difratam mais facilmente, devido justamente a condição para que a difração ocorra, isto é, o tamanho da fenda ou objeto deve ser de ordem de grandeza do comprimento das ondas incidentes. Os padrões de difração das ondas de luz consistem em faixas claras e escuras, com certas divergências dos padrões de interferência da luz. Esses padrões carregam informações sobre o objeto que causou a difração. Como exemplos, a difração de raio-X é um método importante para o estudo da estrutura dos sólidos e a difração de raios Gama é utilizada no estudo dos núcleos.

A difração era um fenômeno conhecido desde a época de Huygens e Newton, porém Newton não acreditava que evidenciasse a propagação da luz como onda. Huygens deu uma explicação qualitativa à propagação retilínea, baseada em ondas secundárias e na sua construção geométrica.

O padrão de difração mais simples de analisar é aquele gerado por fenda única, longa e estreita. Nesta seção há um breve estudo sobre esse tipo de padrão. Através do princípio de Huygens, explica-se o fenômeno quando uma onda plana atinge uma fenda de largura  $b$ . Esse princípio enuncia que cada ponto de uma frente de onda comporta-se como uma onda secundária. A luz, ao passar pela fenda, é projetada em um anteparo, o qual apresenta uma sequência de faixas claras e escuras, com intensidades luminosas diferentes (Figura 1).



$$b/4 \operatorname{sen}(\theta) = \lambda/2, \text{ ou seja, } b \operatorname{sen}(\theta) = \lambda/2.$$

Logo tem-se uma equação geral para o mínimos do padrão de difração sobre o anteparo:

$$b \operatorname{sen}(\theta) = m \lambda, \text{ onde } m \text{ é um inteiro: } m = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$$

Existem máximos aproximadamente a meio caminho entre cada mínimos adjacentes.

## PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Primeiramente foi realizado um estudo exploratório para definição de um problema para o desenvolvimento do produto educacional para a dissertação de mestrado profissional em Ensino de Física, com o objetivo de obter amostras que produzem padrões de difração de luz análogos aos padrões de difração de raio-X em estruturas cristalinas, com materiais de baixo custo e de fácil acesso. O estudo baseia-se na análise de vários materiais para obter a melhor demonstração do padrão de difração que possa ter o potencial para uma sequência didática sobre o tema. Foram encontrados diferentes materiais e testados diversos materiais propostos na literatura. Como fonte de luz, utiliza-se um laser *pointer* verde, de 532 nm. Foi utilizado um aparato desenvolvido por Silva (2015) para posicionar os suportes com os diferentes materiais utilizados como mostrado na figura 2.

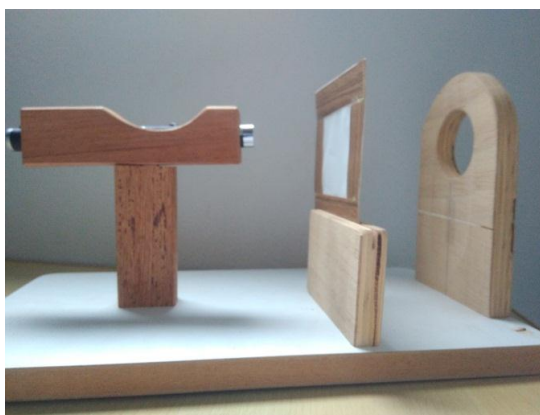


Fig.2. Aparato utilizado para as fotos de difração das telas, análogas à uma rede de difração. Fonte: Autora.

Após a determinação de quais materiais utilizarem para o desenvolvimento do produto, foi realizada a coleta, análises e conclusões dos dados obtidos através da difração de luz. Foram feitas as fotos dos vários materiais utilizados como redes (como penas, fios, tecidos diferenciados, náilon e tela de celular) optamos por aqueles em que a difração foi mais bem evidenciada.

As fotos, foram realizadas em 16 de novembro de 2016, às 15 horas, em um dia ensolarado, porém em ambiente escuro. Não foi utilizada nenhuma forma de luz proveniente do aparelho de fotografia, também não foi utilizada nenhuma forma de ampliação no momento do registro à foto.

Obs: as fotos da tela do celular foram feitas dia 18/01/2018, às 12 hs. Foram tiradas a partir da reflexão da luz do laser verde, utilizando um ângulo de aproximadamente  $90^\circ$ , entre o feixe de luz e a tela.

Foram feitas fotos dos tecidos com ampliação comparada a uma escala, utilizando uma lente sobreposta na câmara do computador. Através dessas imagens pode perceber a estrutura do material utilizada. Essa imagem também pode ser utilizada para a medição do diâmetro dos fios no material.

### DADOS OBTIDOS

A tabela 1 mostra as medições do experimento.

- A luz monocromática foi posicionada a 2 metros (**X**) da difração da rede utilizada.
- A distância entre dois máximos centrais é representada por **Y**.
- Foi realizado o cálculo da tangente do ângulo, pois o seno de ângulos muito pequenos é aproximadamente o valor de sua tangente.
- Para o cálculo do diâmetro (**d**) do fio utilizamos a equação descrita acima.

DISTÂNCIA DO ANTEPARO À FONTE DE LUZ LASER				2m (Y)
COMPRIMENTO DA FONTE MONOCROMÁTICA				532 nm
MATERIAIS	Y	X	sen $\theta$	d
Tecido (organza)	0,5 cm 5 cm	2m	$2,5 \times 10^{-3}$ $2,5 \times 10^{-2}$	212 $\mu\text{m}$ (+-2) 21,2 $\mu\text{m}$ (+-2)
Náilon 77 fios	0,75cm	2m	$3,75 \times 10^{-3}$	141,8 $\mu\text{m}$ (+- 2)
Náilon 120 fios	1 cm	2m	$5 \times 10^{-3}$	106 $\mu\text{m}$ (+-2)
Tela de celular moto G (1ª Geração)	1,4 cm	2m	$7 \times 10^{-3}$	76 $\mu\text{m}$ (+-2)

Tabela 1. Dados experimentais.

O tecido apresenta duas medições, pois luz projetada apresenta pontos máximos mais largos e pontos máximos mais próximos, isso evidencia que possui dimensões diferentes. Ao medir a difração desses dois pontos percebeu que um dos fios eram trançados no outro, de forma que realmente um era mais fino e o outro mais grosso.

A Tela do celular apresenta alguns pontos de máximos mais próximos, sendo que demonstram menor nitidez e ponto com maior nitidez (a distância entre esses pontos de maior nitidez que foram medidos).

### **Conclusão:**

A luz monocromática do laser ao atravessar o náilon ou o tecido, como possui comprimento de onda menor que a larguras dos fios, é difratada. Essa difração foi projetada e podemos calcular o diâmetro dos fios que compõe o material.

Percebe-se que quanto menor a distância entre os fios do material maior a distância entre os pontos máximos da difração projetada.

Nas fotos, em anexo, apresentam faixas bem definidas, de luz difratada, na horizontal e outra na vertical. Isso se deve ao fato de como os fios estão estruturados no tecido. Quando a luz incide encontra um fio perpendicular ao outro que a difratam, formando essa imagem apresentada.

Esse cálculo apresentado é uma das formas para determinar tal medida. Podemos utilizar outros recursos para a análise, como por exemplo, utilizando o programa *Tracker*, um software livre para análise e modelagem de vídeo e imagens que tem sido usado muito frequentemente no ensino de Física (KINCHIN, 2016).

### **REFERÊNCIAS:**

SILVA, L. da. Atividade de Demonstração Interativa (ADI): problematizando o estudo da difração e da interferência. 155 p. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

IVANOV, D; NIKOLOV, S. Demonstrations of wave optics (interference and diffraction of light) for large audiences using a laser and a multimedia projector. *Physics Education*, v. 46, n. 6, p. 705. 2011.

NUSSENZVENIG, H.M. Curso de física básica. Blucher, v. 4, p. 76. 2014.

KITTEL, C. Introdução à Física do Estado Sólido. LTC – Livros Técnicos e Científicos. Editora S.A., p. 3. 2006.

