

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE FÍSICA  
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA**

**GABRIELA CRISTINE MARTINS VICENTE**

**WILHEM RÖNTGEN E A DESCOBERTA DOS RAIOS X: ASPECTOS DA  
HISTÓRIA DA CIÊNCIA NOS LIVROS DIDÁTICOS EM ENSINO DE FÍSICA**

**CURITIBA**

**2021**

**GABRIELA CRISTINE MARTINS VICENTE**

**WILHEM RÖNTGEN E A DESCOBERTA DOS RAIOS X: ASPECTOS DA  
HISTÓRIA DA CIÊNCIA NOS LIVROS DIDÁTICOS EM ENSINO DE FÍSICA**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Licenciatura em Física do Departamento Acadêmico de Física – DAFIS – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR.

Orientador: Prof. Dr. Adilson Camilo de Barros

**CURITIBA**

**2021**

## TERMO DE APROVAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Título: WILHEM RÖNTGEN E A DESCOBERTA DOS RAIOS X: ASPECTOS DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA NOS LIVROS DIDÁTICOS EM ENSINO DE FÍSICA

Autor: Gabriela Cristine Martins Vicente

Orientador: Adilson Camilo de Barros

Este trabalho foi apresentado às 14:00h, do dia 18 /05 /2021, como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2 (TCC2), do curso de Licenciatura em Física, do Departamento Acadêmico de Física (DAFIS), da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Câmpus Curitiba. A comissão examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Comissão examinadora:

---

(Presidente/Orientador) Dr<sup>o</sup> Adilson Camilo de Barros

---

Avaliador 1 Dr<sup>o</sup> Alisson Antônio Martins

---

Avaliador 2 Mestre Fausto Hideki Matsunaga

---

Profa. Dra. Noemi Sutil  
Professora Responsável pelas  
Atividades de Trabalho de  
Conclusão de Curso/  
Curso de Licenciatura em Física  
(DAFIS/UTFPR)

\*O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso.

## RESUMO

A história e filosofia da ciência (HFC) pode ajudar no ensino de diversos temas da física, ao contribuir para a compreensão da Natureza da Ciência (NdC) e como auxiliar o professor no desenvolvimento da aprendizagem dos alunos. Porém a utilização da HFC nas aulas enfrenta diversos problemas como a falta de preparo dos professores e a falta de materiais de qualidade, o que contribui para a propagação de visões deformadas das ciências. O presente trabalho traz uma análise do conteúdo histórico presente nos livros didáticos acerca do descobrimento do Raios-X, tendo como objetivo analisar as visões deformadas ou não deformadas acerca do desenvolvimento do conhecimento científico. A metodologia utilizada foi a pesquisa bibliográfico/documental, com a abordagem da análise textual discursiva (ATD), mostrou que, embora as discussões das últimas décadas apresentem a inserção da HFC com uma potencial solução para problemas encontrados no ensino, ainda existem obstáculos a serem superados. Como por exemplo, a falta de material didático de qualidade, ou seja, que não apresente as visões deformadas das ciência. Os resultados da análise mostram que embora a maioria dos livros apresentem a HFC, ainda há uma forte presença das visões deformadas sobre a ciência.

**Palavras Chave:** Raios-X, História da Ciência, Filosofia da Ciência, Natureza da Ciência.

## **Abstract**

The Science History and Philosophy (SHP) can help teach several Physics topics, contributing to the comprehension of the Science Nature and assisting the Teacher with the development of students learning. But using HPC in classrooms is going through quite problems like the Teacher's unpreparedness and the absence of quality material, which contributes to spreading distorted views of science. This work brings an analysis of the historical content in textbooks on the X-ray discovery, analyzing the distorted or non-distorted viewing about the scientific development knowledge. The methodology applied was a bibliographic/documented research, with the concept of textual discursive analysis, revealing that although the discussions in the last decades showed the insertion of SHP as a potential solution to the problems found in teaching, there are still impediments to overcome. For example, the absence of quality didactic material, in other words, the material showing no distorted views of science. The analysis results revealed that although most of the books present the SHP, there is still a significant presence of distorted views of science.

**Keywords:** X-rays, Science History, Science Philosophy, Science Nature

## Lista de Quadros

Quadro 1 – Livros Selecionados Pelo PNLD 2015.....	42
Quadro 2 – Livros Selecionados Pelo PNLD 2018.....	43
Quadro 3 - Pré Análise Do Guia De Livros Didáticos E Dados Das Coleções Distribuídas Do PNLD 2015.....	44
Quadro 4 - Unidades De Análise Identificadas no LD15.1.....	49
Quadro 5 - Unidades De Análise Identificadas no LD15.2.....	51
Quadro 6 - Unidades De Análise Identificadas no LD15.4.....	52
Quadro 7 - Unidades De Análise Identificadas no LD15.5.....	52
Quadro 8 - Unidades De Análise Identificadas no LD15.6.....	54
Quadro 9 - Unidades De Análise Identificadas no LD15.8.....	54
Quadro 10 - Unidades De Análise Identificadas no LD15.11.....	55
Quadro 11 - Unidades De Análise Identificadas no LD15.12.....	55
Quadro 12 - Unidades De Análise Identificadas no LD15.13.....	56
Quadro 13 - Unidades De Análise Identificadas no LD15.14.....	56
Quadro 14 – Categorias A Priori Elaboradas Para Análise Dos Livros Didáticos De Biologia - PNLD/2015.....	59
Quadro 15 - Categorias Utilizadas Para Analisar As Concepções Sobre Ndc Nos Livros Didáticos De Física.....	61
Quadro 16 - Visão Deformada Da Ciência Identificadas no LD15.1.....	62
Quadro 17 - Visão Deformada Da Ciência Identificadas no LD15.4.....	62
Quadro 18 - Visão Deformada Da Ciência Identificadas no LD15.5.....	63
Quadro 19 - Visão Deformada Da Ciência Identificadas no LD15.6.....	64
Quadro 20 - Visão Deformada Da Ciência Identificadas no LD15.8.....	65
Quadro 21 - Visão Deformada Da Ciência Identificadas no LD15.11.....	65
Quadro 22 - Visão Deformada Da Ciência Identificadas no LD15.12.....	66
Quadro 23 - Visão Deformada Da Ciência Identificadas no LD15.13.....	67
Quadro 24 - Visão Não Deformada Da Ciência Identificadas no LD15.1.....	68
Quadro 25- Visão Não Deformada Da Ciência Identificadas no LD15.11.....	70
Quadro 26 - Visão Não Deformada Da Ciência Identificadas no LD15.14.....	70

## **Lista de Gráfico**

Gráfico 1 – Análise Em Relação Às Visões De NdC.....	<b>73</b>
Gráfico 2 – Visões Deformadas da Ciência.....	<b>73</b>
Gráfico 3 – Visões Não Deformadas Da Ciência.....	<b>78</b>

## **Lista de Siglas**

AC - Análise de Conteúdo

AD - Análise de Discurso

ATD - Análise Textual Discursiva

BNCC - Base Nacional Comum Curricular

DNCs - Diretrizes Nacionais Curriculares

FNDE - Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação

HC - História da Ciência

HFC - História e Filosofia da Ciência

LD - Livro Didático

NdC - Natureza da Ciência

PCN - Parâmetros Curriculares Nacionais

PNLD - Programa Nacional do Livro Didático



## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>10</b>
1.1 Justificativa	10
1.2 Questões de Pesquisa	11
1.3 Objetivos	11
<b>2. História e Filosofia da Ciência e o Ensino de Ciências</b>	<b>12</b>
2.1 Abordagem da HFC	13
2.1.1 Aspectos consensuais da Natureza da Ciência	14
2.1.1.1 Descontinuidade da Ciência	14
2.1.1.2 Humanização da Ciência	19
2.1.1.3 A Ciência com uma construção humana	20
2.1.1.4 O Mito do Método Científico	20
2.2. Os professores e a abordagem da HFC	21
<b>3. Os RAIOS - X</b>	<b>25</b>
3.1 Wilhelm Conrad Roentgen: A história do descobridor dos Raios X no Centenário do Grande Descobrimento	26
3.1.1 Infância e Adolescência	26
3.1.2 O Descobrimento dos Raios-X	29
3.1.3 Sobre uma nova espécie de Raios - Comércio	36
3.1.4 Repercussão na sociedade	36
3.1.5 Tubo de Coolidge	37
3.1.6 Da glória até os últimos dias	38
<b>4. DESENVOLVIMENTO</b>	<b>42</b>
4.1 Concepção de pesquisa	42
4.2 Etapas da pesquisa	42
4.2.1 Pré análise (preparação das informações)	43
4.2.2 Segunda etapa: Unitarização	50
4.2.3 Terceira etapa: Caracterização	61
4.2.3.1 Categorização referente as visões deformadas da ciência	63
4.2.3.2 Categorização reverente a visão não deformada	70
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	75
4.3.1 Sobre os livros nos quais não foram identificados nenhuma unidade de análise	76
4.3.2 Sobre os livros nos quais foram identificados Visões Deformadas na Ciência	76
4.3.3 Sobre os livros nos quais foram identificados Visões Não Deformadas na Ciência	80

<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>82</b>
<b>6. REFERÊNCIAS</b>	<b>84</b>

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 Justificativa

Desde o ingresso no curso de licenciatura em Física, as disciplinas de História e Filosofia da Ciência (HFC) despertaram meu interesse. Mostravam uma outra maneira de se discutir a ciência, não apenas uma fórmula determinada, mas todo o processo de problemas e discussões, que se repetiram até se chegar a um consenso entre os cientistas. Percebi então que a abordagem da HFC poderia contribuir de diversas maneiras para o ensino de Física.

Nas últimas décadas inúmeros trabalhos têm mostrado a HFC como uma possibilidade para resolver os problemas/obstáculos do ensino de ciências. A abordagem da HFC no ensino se mostra favorável por promover discussões acerca da Natureza da Ciência (NdC), além de contribuir para a formação de cidadãos mais responsáveis, sendo capaz de questionar o papel da ciência na sociedade. (Assis, 2014)

O atual ensino de ciência é caracterizado principalmente por seu caráter conteudista, a-histórico, enfatizando principalmente uma “descoberta” de fórmulas que, além de desmotivar os alunos, cria diversas visões deformadas sobre o que é ciência, como ela se desenvolve e quem são seus protagonistas. De acordo com Forato, Guerra e Braga (2014) o ensino de Ciência vai muito além de apresentar os produtos prontos da Ciência, mas ser um ensino **em e sobre** Ciência.

A HFC é uma boa alternativa para resolver a questão de o que é Ciência. De acordo com Martins (2006) , a HFC permite que o estudante: perceba a ciência como um fruto de determinado contexto histórico, influenciando o desenvolvimento da sociedade e sendo por ela influenciada; permite ainda ao estudante perceber a ciência como uma construção humana, e como tal, suas teorias podem ser confusas ou equivocadas, sendo aperfeiçoadas com o passar do tempo; perceber que a ciência não é resultado de um “método científico”.

Os documentos oficiais também destacam que a importância da HFC para a formação dos alunos, uma vez que a “percepção do saber físico como

construção humana constitui-se condição necessária, mesmo que não suficiente, para que se promova a consciência de uma responsabilidade social e ética” (BRASIL, 2000, p.27).

Os documentos mais recentes com as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) e a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) também mostram como é necessário e importante que o ensino de ciência apresentar o desenvolvimento da ciência ao longo da história, assim com o “movimento permanente de construção de novos conhecimento”. (BRASIL, 2013)

Assis (2014) destaca a discussão sobre as relações de ciência e sociedade não são algo trivial, pois “se o homem da ciência atual não se preocupa com as implicações que sua atividade pode exercer na sociedade, esta mesma sociedade à qual ele deve sua existência, manifesta um sério problema tanto de ordem moral quanto de sobrevivência da própria civilização.”(Assis, 2014, p.154)

## 1.2 Questões de Pesquisa

- 1) Quais as concepções da Natureza da Ciência (NdC) presentes nos livros didáticos ?
- 2) Como os livros didáticos abordam a descoberta dos raio X ?

## 1.3 Objetivos

**Objetivo geral:** analisar as concepções de natureza da ciência presentes nos livros didáticos de Física, distribuídos pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) de 2015 e 2018, para se verificar se o material histórico presentes nos livros didáticos analisados contribuem para a manutenção de visões ingênuas sobre o que é ciência ou se apresentam visão que contribuam para o ensino **em e sobre** o que realmente é o conhecimento científico.

### **Objetivos específicos:**

- Analisar as concepções<sup>1</sup> de Natureza da Ciência (NdC) presentes nos livros didáticos de Física, a partir da história de Roentgen e descobrimento dos raios X.

---

<sup>1</sup>Concepções sobre NdC baseadas nas categorias utilizadas do Barbosa (2016).

## **2. História e Filosofia da Ciência e o Ensino de Ciências**

Durante seu desenvolvimento a humanidade passou por diversas mudanças, causadas por guerras, reformas políticas, religiosas e filosóficas. Essas mudanças tiveram sua importância e, por isso, são estudadas até hoje. A ciência foi um dos pilares que se desenvolveu durante o passar dos séculos. Os cientistas presenciaram as mudanças que ocorreram e até protagonizaram algumas delas.

Dessa forma, a história da ciência é o estudo de como o conhecimento sobre a natureza, as técnicas e a sociedade se transmitiu e se adaptou com o passar do tempo. (BELTRAN, 2014)

Segundo Barra (1998, p.18), “ao lado de períodos de grandes e profundas mudanças, a história da ciência exhibe momentos de relativa permanência mais ou menos duradouros”, ou seja a ciência vem sendo construída através do tempo, ora sendo influenciada pela sociedade, ora impulsionando mudanças na sociedade através do aprimoramento das teorias e técnicas.

Por exemplo, no ocidente durante muito tempo a mecânica de Aristóteles era a teoria aceita pelos filósofos naturais, e apenas no século XVIII foi substituída pela mecânica de Newton. No final do século XIX a mecânica clássica entra em crise surgindo, então, a relatividade de Einstein juntamente com a mecânica quântica, dando origem a Física Moderna, que protagonizaram as maiores revoluções no campo da Física.

O estudo desses e outros episódios da história da ciência desempenham um importante papel na compreensão e formação de uma concepção correta da natureza das ciências, entender como as ciências se relacionam com o resto do mundo, e como ocorreram as mudanças de paradigmas.(Martins, 2006)

A História e Filosofia da Ciência (HFC) como uma área de pesquisa contribui para uma melhor compreensão da Natureza da Ciência (NdC). Essas duas áreas são complementares, auxiliando no processo de compreensão da ciência e a maneira como ela é ensinada. (BARBOSA, 2016)

A abordagem da HFC é uma maneira de aproximar a ciência da história e da filosofia, contribuindo para uma melhor compreensão da ciência e sua

relação com a sociedade. A aproximação dessas áreas do conhecimento e a ciência se mostra interessante uma vez que

podem humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade; podem tornar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo, deste modo, o desenvolvimento do pensamento crítico; podem contribuir para um entendimento mais integral de matéria científica, isto é, podem contribuir para a superação do mar de falta de significação que se diz ter inundado as salas de aula de ciências, onde fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem a saber o que significam; podem melhorar a formação do professor auxiliando o desenvolvimento de uma epistemologia da ciência mais rica e mais autêntica, ou seja, de uma maior compreensão da estrutura das ciências bem como do espaço que ocupam no sistema intelectual das coisas. (MATTHEWS, 1995, p.165).

A HFC contribui também para a formação crítica em relação à ciência, permitindo que os alunos sejam capazes de compreender e questionar, mesmo que superficialmente, as questões científicas com que se depara, podendo assim, identificar a relevância desses fatos e como eles interferem na sociedade.

## **2.1 Abordagem da HFC**

Nos últimos anos, inúmeros trabalhos relacionados com a área de educação em ciências têm mostrado a abordagem da HFC como uma das possíveis soluções para a crise no ensino. Porém a HFC não é uma metodologia milagrosa, e tão pouco pode substituir o ensino formal de ciências. Segundo Martins (2007, p.115), “as recentes reformas educacionais, em nosso país, apontam para a necessidade da contextualização histórico-social do conhecimento científico, o que implica em considerar a contribuição da HFC”. De acordo com os documentos oficiais (BRASIL, 2006),

A compreensão da relação entre o aprendizado científico, matemático e das tecnologias e as questões de alcance social são a um só tempo meio para o ensino e objetivo da educação.[...] Nessa medida, a história das Ciências é um importante recurso. A importância da história das Ciências e da Matemática, contudo, tem uma relevância para o aprendizado que transcende a relação social, pois ilustra também o desenvolvimento e a evolução dos conceitos a serem aprendidos. (BRASIL, 2006, p. 54)

Segundo Barbosa (2016, p.23), o ensino tradicional de ciências tem se caracterizado por ser conteudista, a-histórico, dogmático, desinteressante e

descontextualizada, desmotivando os alunos a apreenderem/compreenderem os conteúdos científicos e menos ainda sobre o que é ciência.

Considerando esse panorama do ensino em ciências, a inserção da HFC se apresenta como uma alternativa para solucionar esses problemas, uma vez que pode ajudar motivar e atrair os alunos; mostrar a ciência como uma construção humana; ajudar na compreensão dos conceitos científicos; apresentar a existência de um valor social em se compreender certos episódios fundamentais na história da ciência; além de mostrar como a ciência é instável e o pensamento científico está eternamente sujeito a transformações, já que não existe uma ideologia científicista.(Matthews,1995).

Dessa forma a HFC apresenta uma importante contribuição para a compreensão da Natureza da Ciência (NdC), que auxilia na formação crítica dos alunos e da sociedade.

Mas afinal o que é a Natureza da Ciência? De acordo com Moura (2014) a natureza da ciência é o conjunto que envolve aspectos epistemológicos, filosóficos, históricos e culturais da ciência, ou seja, como ela é feita, como é construída, pelo que é influenciada e o que influencia.

A NdC possui ainda aspectos consensuais que caracterizam a construção do conhecimento científico.

### **2.1.1 Aspectos consensuais da Natureza da Ciência**

#### **2.1.1.1 Descontinuidade da Ciência**

A ciência busca desenvolver uma visão precisa, coerente e abrangente da natureza. Porém este conhecimento não pode ser tido como uma verdade absoluta. Ao longo do desenvolvimento humano diversas teorias científicas foram desenvolvidas, rejeitadas, modificadas e/ou substituídas por outras. E nada impede que aconteça o mesmo com as teorias mais modernas. (BEZERRA, 2014, p.50)

Assim o desenvolvimento científico não ocorre de maneira linear e progressiva num processo acumulativo, tão pouco surge pronto em um momento de inspiração de grandes gênios. O estudo da HFC permite perceber que,

Muitas vezes, as teorias que aceitamos hoje foram propostas de forma confusa, com muitas falhas, sem possuir uma base observacional e experimental. Apenas gradualmente as idéias vão sendo aperfeiçoadas, através de debates e críticas, que muitas vezes transformam totalmente os conceitos iniciais. [...] Nosso conhecimento foi sendo formado lentamente, através de contribuições de muitas pessoas sobre as quais nem ouvimos falar e que tiveram importante papel na discussão e aprimoramento das idéias dos cientistas mais famosos, cujos nomes conhecemos. (MARTINS, 2006, p. 22)

De acordo com Kuhn (1998) a ciência se desenvolve através de revoluções. Em seu livro *A Estrutura das Revoluções Científicas*, Kuhn, demonstra como a ciência progride num processo de substituição de paradigmas, esse processo pode ser separado em 3 períodos.

O primeiro é a chamada *pré-ciência*, que caracteriza os estágios iniciais do desenvolvimento da maioria das ciências. Nesse período existem diversas concepções da natureza competindo entre si, sendo restringidas pela observação e experiência. Com o passar do tempo esse conjunto de concepções “amadurece”, ou seja, estabelece seus princípios fundamentais do universo, como elas interagem entre si e com o mundo, e quais as práticas que devem ser empregadas para se chegar a uma solução.

Nesse período existem diversos candidatos a paradigma. Kuhn define paradigma como leis, teorias, aplicações e instrumentação, e ainda

Suas realizações foram suficientemente sem precedentes para atrair um grupo duradouro de partidários, afastando-os de outras formas de atividade científica dissimilares. Simultaneamente, suas realizações suficientemente abertas para deixar toda a espécie de problemas para serem resolvidos pelo grupo redefinido de praticantes da ciência bem sucedidas. (KUHN, 1998, p.30)

Esses paradigmas competem entre si, de forma que os vencedores são mais bem sucedidos que os demais na resolução de problemas que um grupo de cientistas considera graves, e sobretudo, o paradigma deve ser uma “promessa de sucesso” que pode ser descoberta em exemplos selecionados e limitados. A atualização dessa promessa Kuhn dá o nome de *Ciência Normal*.

O segundo período (ciência normal) é caracterizado pela vigência de um único paradigma. Os estudantes de determinado ramo da ciência irão aprender através desse paradigma, sendo que os manuais irão os treinar para “testar” o paradigma. Assim a ciência normal não cria novas teorias, ou seja os estudantes não estudam os fenômenos que não foram determinados



previamente pelo paradigma. Na maioria das vezes esses fenômenos nem são vistos.

O paradigma possui uma faixa limitada de problemas que pode resolver, assim a ciência normal pode estudar esses problemas de maneira mais profunda e sutil. Mas esses problemas irão com o tempo se esgotar, e anomalias (problemas que violam de alguma forma o paradigma) irão começar a surgir.

Existem dois fins para uma anomalia, o primeiro é que através de estudos na área da anomalia o paradigma consegue chegar a uma solução após algum ajuste. Isso leva a um aperfeiçoamento do paradigma e aumenta os problemas que podem ser resolvidos. O segundo é que a anomalia não pode ser resolvida e persiste por um longo tempo. Esse tipo de anomalia vai aumentando com o tempo e entramos no período de crise.

O período de crise começa quando um número cada vez maior de cientistas buscam a solução para as anomalias. Num primeiro momento ainda é utilizado as “regras” do paradigma, mas com o tempo e com a resistência da anomalia, cada vez menos “regras” são utilizadas.

As tentativas ficam cada vez mais distantes uma das outras, e mesmo sendo bem sucedidas, não são bem sucedidas o suficiente para serem aceitas como o novo paradigma, de modo que, mesmo existindo um paradigma, os cientistas não sabem mais qual seja.

De acordo com Kuhn

as crises podem terminar de três maneiras. Algumas vezes a ciência normal acaba revelando-se capaz de tratar do problemas que provoca a crise, apesar do desespero daqueles que o viam como o fim do paradigma existente. Em outras ocasiões o problema resiste até mesmo a novas abordagens aparentemente radicais. Nesse caso os cientistas podem concluir que nenhuma solução para o problema poderá surgir no estado atual da área de estudo. O problema recebe então um rótulo e é posto de lado para ser resolvido por uma futura geração que disponha de instrumentos mais elaborados. Ou finalmente, o caos que mais nos interessa: uma crise pode terminar com a emergência de um novo candidato a paradigma e com uma subsequente batalha por sua aceitação. (KUHN, 1998, p.115)

É importante destacar que esse processo de substituição não ocorre de uma hora para outra, num processo cumulativo, mas exige uma verdadeira reforma das bases teóricas fundamentais do paradigma, e esse processo não é

algo simples já que acaba envolvendo questões que necessitam de uma profunda mudança no estado psicológico.

Nesse período surge o que Kuhn chama de *ciência extraordinária*, onde os cientistas irão aplicar mais duramente o paradigma, na busca da resolução da anomalia, para saberem exatamente quais são os seus limites. Ao mesmo tempo, irão buscar outros caminhos para resolver o problema sem se prenderem às "regras" do paradigma. A transição de um paradigma para outro é o que Kuhn chama de *Revolução Científica*.

A palavra REVOLUÇÃO significa

1. Ato ou efeito de revolucionar(-se), de realizar mudanças profundas ou radicais; revolucionamento, revolvimento.
2. POLÍTICA. Movimento de revolta, súbito e generalizado, de caráter político e social, por meio do qual um número significativos de pessoas procura conquistar, pela força, o governo de um país, a fim de dar-lhe nova orientação; insurreição, rebelião, sublevação.
3. POLÍTICA Conjunto de forças revolucionárias que detêm o poder emanado de uma revolução.
4. Qualquer tipo de transformação social que utiliza meios radicais.
5. Transformação radical dos conceitos artísticos, dos padrões culturais e dos paradigmas científicos dominantes em determinada época. (MICHAELIS, 2020)

Assim como em uma revolução política (ou de qualquer outro tipo), durante uma revolução científica existem dois ou mais candidatos a novo paradigma, que buscam a solução da anomalia culminando na substituição total ou parcial do antigo paradigma.

A substituição de um paradigma por outro, ou ainda, o triunfo de um candidato a paradigma sobre os demais, não pode ser compreendido apenas no âmbito científico. De acordo com Kuhn esses processo envolvem outros elementos como técnicas de persuasão por parte dos grupos envolvidos na discussão.

Nesse sentido, adotar um novo paradigma se assemelha a uma conversão religiosa, uma vez que provoca profundas mudanças no "mundo" do cientista. Essa conversão ocorre de maneira gradual, e não pode ser forçada. Não existe um motivo científico que justifique a escolha de um paradigma em vez de outro, uma vez que essa escolha pode ser motivada por outras questões não-científicas, com a personalidade.

Quando um novo paradigma é então estabelecido, entramos em um novo período de *ciência normal* e o ciclo recomeça.

Podemos por exemplo observar a evolução e desenvolvimento da história da física de partículas. As tentativas de explicar a constituição da matéria remonta a antiga Grécia, na Escola Atomista, onde surge o átomo, partícula indivisível e invisível. Porém esses conceitos permanecem esquecidos, uma vez que são as Escolas de Platão e de Aristóteles que se tornam o paradigma durante longo período da história (século IV a.C e século IX d. C).

Ainda na Grécia antiga, Tales de Mileto descobriu os processos de eletrização por atrito de alguns materiais, ao realizar experimentos com âmbar e pedaços de pelo de carneiro. Mas é apenas com os estudos de eletricidade e magnetismo a partir de 1600, que o elétron entra em cena. Nessa época surgem os questionamentos sobre a origem elétrica da matéria. Até então a teoria aceita era de que dos fluidos, tendo os fluído duas naturezas, animal e vítrea. Os conceitos da natureza dos fluidos seriam modificados por Benjamim Franklin e Jan Baptise du Fay, que introduzem o conceito de carga elétrica positiva e negativa.

O conceito de troca de fluido só seria abandonado com o surgimento da teoria atômica clássica, na qual as cargas dos corpos são definidas pela ausência ou falta de elétrons.

Experimentalmente a teoria atômica clássica surge no início do século XX com as experiências de J.J Thomson, e se consolida a partir do ano de 1932, após a descoberta do nêutron comprovado experimentalmente por Chadwick, e com a explicação do fenômenos elétricos, magnéticos e ópticos em termos das teorias clássicas e depois quânticas dos elétrons. (MARTINS, 2008, p.4)

Dos tubos a vácuo aos canhões de partículas de Rutherford, aos aceleradores de partículas e de eletronsvolts à teraeletrovts, o desenvolvimento da técnica e tecnológica sempre acompanhou o desenvolvimento da física de partículas. A partir de 1900 a teoria atômica clássica sofre diversas crises e rupturas, com o surgimento de novos fenômenos e as teorias que buscam explicá-las.

“...por Planck, com a teoria do espectro do corpo negro; por Einstein, em 1905, com a publicação da teoria da relatividade e com a teoria quântica da luz; por Bohr, em 1913, pela teoria quântica clássica do átomo de hidrogênio; por Sommefeld com a teoria atômica quântica relativística, a Teoria da Estrutura Fina, em 1916; por Louis de Broglie

com a teoria dualista do comportamento de onda e de partícula do elétron, publicada em 1924, depois pelas teorias quânticas de Schrödinger em 1926, pela teoria quântica relativística de Dirac em 1928 (Dirac e Paule concluem suas teorias para o elétrons de forma independente).(MARTINS, 2008, p.4)

### **2.1.1.2 Humanização da Ciência**

O ensino de ciências mostra uma visão individualista e elitista da ciência (Gil-Pérez, 2001) na qual o cientista é mostrado como um gênio isolado, esquecendo que o cientista possui interesses pessoais e profissionais, muitas vezes sofrendo influências “ externas ao laboratório”, como sua personalidade, religião, classe, cultura, sociedade e gênero. (Barra, 1998)

Estudos desenvolvidos por Lavoisier, Galileu, Newton e Darwin, sofreram influências das sociedades e culturas em que viviam. Mesmo a matemática sofreu influências externas, como por exemplo, o desenvolvimento da teoria da probabilidade do século XVII que ocorreu a partir de jogos de cartas, dados e apostas em dinheiro (MARTINS, 2006).

Observa-se porém que nas escolas durante a maior parte do tempo a ciência e os cientistas são colocados sobre um pedestal, completamente isolados do resto da sociedade. Por exemplo destaca-se a genialidade de Newton ao desenvolver a mecânica, porém pouco se fala em seus estudos sobre a teologia e a alquimia, às quais se dedicou incansavelmente.

Dessa forma os alunos têm a falsa impressão de que, os cientistas e a ciência por eles desenvolvida, não possuem ligação com a época e a sociedade na qual estão inseridos. A HFC é capaz de ligar as pontas soltas entre o desenvolvimento da ciência, a tecnologia e a sociedade, uma vez que ao situar determinada teoria em um contexto histórico-social apresenta as influências externas a que os cientistas estavam submetidos.

Porém é importante destacar que

a contextualização histórica não se ocupa apenas da menção a nomes de cientistas e a datas da história da Ciência, mas de apresentar os conhecimentos científicos como construções socialmente produzidas, com seus impasses e contradições, influenciando e sendo influenciadas por condições políticas, econômicas, tecnológicas, ambientais e sociais de cada local, época e cultura. (BRASIL, 2018, p. 550)

### **2.1.1.3 A Ciência com uma construção humana**

A ciência na maioria das vezes é mostrada como um processo pronto e acabado, de caráter cumulativo. Ignora-se o fato de que a ciência é uma construção humana sendo influenciada pelo contexto social, cultural, político etc., no qual ela é construída (Moura, 2014). Segundo Martins (2006, p.4) a HFC

mostrar grandes sucessos e também grandes fracassos do esforço humano para compreender a natureza; a contribuição titânica de alguns cientistas, acompanhada no entanto por muitos erros gigantescos das mesmas pessoas; o papel de uma multidão de pesquisadores obscuros no desenvolvimento de importantes aspectos das ciências; o processo gradual de formação de teorias, modelos, conceitos e do próprio método científico; a existência de teorias alternativas, de controvérsias, de revoluções que lançam por terra concepções que eram aceitas (por bons motivos) durante muito tempo; a permanência de dúvidas mesmo com relação a teorias bem corroboradas; a influência de concepções filosóficas, religiosas e o papel da tradição e de preconceitos injustificados no desenvolvimento das ciências; e muitos outros aspectos da dinâmica da ciência.

Não existem gênios em uma torre de marfim, incapazes de cometer erros, assim como não existe uma teoria pronta e acabada, capaz de responder todas as perguntas e questionamentos acerca da natureza. A ciência está em um constante processo de evolução, se desenvolvendo por um esforço coletivo de inúmeros cientistas e grupos de pesquisa, em um processo muito mais complexo do que um somatório de teorias.

### **2.1.1.4 O Mito do Método Científico**

Durante muito tempo acreditou-se que o cientista era apenas um observador, livre de preconceitos e falsas noções, que a partir dos dados coletados era impossível não se compreender os fenômenos da natureza, “assim sendo, o homem estaria limitado àquilo que os dados sensórios lhe proporcionam, e a abstração seria um impedimento ao conhecer” (BARBOSA, 2016, p.33). Porém, com os desdobramentos da ciência no século XX, tornou-se necessário o estudo de novas questões epistemológicas. Por exemplo

A teoria da relatividade restrita proposta por Albert Einstein, em 1905, mudou a forma como se pode perceber o tempo e o espaço, assim

como o advento dos fenômenos quânticos fez questionar a objetividade dos dados sensórios. A geometria não euclidiana, a mecânica não newtoniana de Einstein, a física não maxwelliana de Bohr. (BARBOSA, 2016, p.34)

A partir de então, "o cientista passa a determinar o que é observado" (BARBOSA, 2016, p.34). Segundo Barbosa, a busca por uma verdade não se adequa nesta nova ciência que surgia, tornando necessário retomar as considerações adotadas pelos empiristas, ou seja, repensar as características do método científico.

O método científico e suas características são estudados principalmente pelos filósofos da ciência, porém, muitas vezes o que esses estudiosos concebiam como método entrava em discordância com as opiniões dos cientistas. Dessa forma, as questões acerca do método científico continuam a gerar dúvidas em ambas as comunidades.

Uma das barreiras enfrentadas pelos pesquisadores ocorre pelo fato da prática científica muitas vezes não ser racional. Consequentemente resumir o método científico a um processo de etapas específicas não totaliza o trabalho do cientista (BARBOSA, 2016), sendo que muitas vezes

Os pesquisadores formulam hipóteses ou conjeturas a partir de idéias que podem não ter qualquer fundamento, baseiam-se em analogias vagas, têm idéias preconcebidas ao fazerem suas observações e experimentos, constroem teorias provisórias que podem ser até mesmo contraditórias, defendem suas idéias com argumentos que podem ser fracos ou até irracionais, discordam uns dos outros em quase tudo, lutam entre si para tentar impor suas idéias. (MARTINS, 2006, p.23)

Não existe um método científico infalível, ou uma receita de como se fazer ciência. Desta forma a abordagem da HFC no ensino contribui no processo de ensino e aprendizagem dos estudantes e auxiliando no processo de formação de uma visão crítica sobre a ciência e sua influência na sociedade.

## **2.2. Os professores e a abordagem da HFC**

A HFC pode contribuir enormemente para o ensino de ciências, não apenas isso, a HFC é de extrema importância para o ensino de ciências. No Brasil os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) para o ensino médio têm destacado a necessidade da utilização da HFC para complementar outras

abordagens de ensino. Então porque é tão difícil utilizá-lo durante a prática pedagógica? Segundo Martins (2006)

ainda existem grandes barreiras para que essa disciplina desempenhe efetivamente o papel que pode e deve ter no ensino. As três principais barreiras são (1) a carência de um número suficiente de professores com a formação adequada para pesquisar e ensinar de forma correta a história das ciências; (2) a falta de material didático adequado (textos sobre história da ciência) que possa ser utilizado no ensino; e (3) equívocos a respeito da própria natureza da história da ciência e seu uso na educação (Siegel 1979).(MARTINS, 2006, p.26)

Segundo Quintal e Guerra (2009) a inserção da HFC nas aulas de ciências não é uma coisa simples, pois requer do professor conhecimento de história geral, filosofia, sociologia e também de história da tecnologia, assim como domínio de uma teoria educacional para aplicar e avaliar as atividades desenvolvidas (MATTHEWS, 1995). Segundo Soares (2016), não é necessário que o professor seja um especialista na área, mas deve ter um domínio mínimo para ter capacidade de julgar o material disponível para ser utilizado nas aulas. É necessário ainda que a formação de professores inclua elementos que permitam que o professor saiba selecionar materiais históricos adequados ou até mesmo construí-los, ou seja, o professor deve ser capaz de adaptar textos originais de HFC, realizando uma transposição didática (Duarte, 2004).

Quanto à formação de professores, diversos cursos de licenciaturas têm disponibilizado a HFC para seus estudantes, tanto em forma de disciplinas específicas, quanto de uma maneira mais dispersa, estando presente nas disciplinas, em seminários, etc. Porém apenas a inserção de elementos histórico-filosóficos nos currículos de formação de professores não garante a utilização da HFC em sala de aula (MARTINS, 2007; DUARTE, 2004), tão pouco garante o aprofundamento das concepções da NdC.

Outro problema enfrentado por professores e pesquisadores da área é a falta de materiais didáticos adequados. O objeto educacional utilizado pela maior parte dos professores é o livro didático.

Segundo o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD)

A Física, como uma das Ciências da Natureza, seja apresentada de forma a possibilitar uma compreensão global dessa ciência. Assim, deve-se valorizar não só a sua estrutura conceitual, os conhecimentos físicos propriamente ditos, mas também os principais aspectos de sua história e das suas formas particulares de se constituir. Isso significa abrir espaços para discussões em que

elementos da História e da Epistemologia da Física estejam presentes (BRASIL, 2016 p.54)

Porém na maioria dos livros didáticos ou textos de divulgação científica, a HFC é apresentada de maneira simplista, linear, com concepções distorcidas baseadas em mito de grandes cientistas e em uma pseudo-história (NETTO, 2015; MARTINS, 2006; DUARTE, 2004). Tão pouco é recomendado a utilização de trabalhos históricos especializados, uma vez que, esses trabalhos não apresentam propostas e atividades pedagógicas indicados para o ensino médio (NETTO, 2015), como já comentado, a utilização da HFC requer que o professor realize uma transposição didática dos textos originais para a sala de aula.

Soares (2016), destaca algumas inadequações da História da Ciência encontradas em materiais didáticos tais como:

- (i) Tratar a história da ciência (HC) como puramente descritiva, ou seja, por exemplo, limitar alguns episódios históricos a data, normalmente associada a um único cientista. “Porém uma data não contribui para o entendimento do fenômeno muito menos para descrição de sua evolução histórica.”(Soares, 2016, p. 50).
- (ii) Anacronismo que significa estudar um episódio que ocorreu no passado do ponto de vista do presente. Isso ocorre quando, segundo a autora, o historiador da ciência procura no passado uma justificativa para suas atuais concepções. Ou ainda, quando uma teoria é considerada correta desde o início, ignorando qualquer teoria alternativa.
- (iii) Pseudo-história ,ou seja, utilização de conhecidos mitos científicos e transmitir falsas concepções históricas a professores e alunos.
- (iv) Mito Científicos, reduzir o desenvolvimento da ciência a gênios brilhantes a experimentos infalíveis, ocultando assim todo o caminho histórico, com erros e acertos, de diversos pesquisadores até se chegar à explicação do fenômeno.

Como discutido anteriormente, a inserção da HFC no ensino apresenta diversas vantagens para o ensino de ciências. Porém essas vantagens são acompanhadas de diversos obstáculos, como a falta de preparo dos professores e a falta de material didático.

No que diz respeito ao material didático observa-se que o livro didático “desempenha um papel de destaque para o ensino e ainda é uma das



ferramentas mais utilizadas como fonte de conhecimento” (Soares, 2016, p. 55). Porém mesmo que esses livros didáticos tenham um referencial teórico adequado e passem por uma análise, de forma que, todos os pontos destacados pelo PNLD sejam cumpridos, muitos deles não apresentam a HFC, de maneira, que leve o professor e os alunos a compreender melhor a concepção de ciência e seus processos (Soares, 2016).

Desta maneira busca-se assim, verificar a qualidade de HFC presente nos livros didáticos do PNLD de 2015 e 2018.

### 3. Os RAIOS - X

Figura 1 - Wilhelm Conrad Röntgen



Fonte: Wikipédia (2021)<sup>2</sup>

No final do século XIX e início do século XX foram realizadas diversas descobertas científicas que quebraram diversos paradigmas e construíram os moldes para a ciência moderna. Uma dessas descobertas, os Raios X foi uma das poucas descobertas da física que tiveram uma repercussão tão rápida em diferentes meios da sociedade, desde os físicos a população em geral. Porém a área que sofreu uma profunda mudança foi a medicina. “A descoberta de Röntgen possibilitou a visualização do interior do corpo humano, de forma não invasiva, proporcionando grandes mudanças na medicina, principalmente no campo da anatomia e fisiologia humana.”(NAVARRO, 2009, p.19) A descoberta do físico alemão abriu novos horizontes para a ciência de forma geral, tanto pelos resultados obtidos quanto pelo caminho percorrido para chegar até ali.

Em comemoração aos 100 anos do descobrimento dos Raios X o Professor Dr. Itazil Benício dos Santos, médico e escritor baiano publicou o livro “Wilhelm Conrad Roentgen: A história do descobridor dos Raios X no Centenário do Grande Descobrimento” (1995).

---

<sup>2</sup> Disponível em < [https://pt.wikipedia.org/wiki/Wilhelm\\_Conrad\\_R%C3%B6ntgen](https://pt.wikipedia.org/wiki/Wilhelm_Conrad_R%C3%B6ntgen)>

## **3.1 Wilhelm Conrad Roentgen: A história do descobridor dos Raios X no Centenário do Grande Descobrimento**

### **3.1.1 Infância e Adolescência**

Wilhelm Conrad Roentgen nasceu em 27 de março de 1845, na cidade de Lennep na Alemanha, filho de Friedrich Conrad Roentgen, um comerciante de tecidos, e Charlotte Constanze Frowlein. Ainda criança se mudou para Apeldoorn na Holanda, onde passou sua infância e concluiu sua educação básica.

Em dezembro de 1862 aos 17 anos, se matriculou na Utrecht Technical School, um colégio com um grau técnico elevado, porém não cumpria com os requisitos para admissão na universidade. Infelizmente Roentgen não conseguiu terminar seus estudos em Utrecht, não conseguindo obter as credenciais necessárias para se tornar um estudante universitário. Porém permaneceu em Utrecht por um ano, inscrito como aluno livre, estudando filosofia e tendo aulas com Buys-Ballot, Rees e outros sobre física, química, zoologia e botânica.

Um ano depois do acontecido em Utrecht, Roentgen foi informado por um jovem suíço C.L.W.Thorrmann que a Escola Politécnica, em Zurique, recebia após rigorosos exames alunos que não tivessem as habituais credenciais. Roentgen foi admitido como aluno na Divisão da Escola Técnica Mecânica da Escola Politécnica. “Em razão dos excelentes certificados da Escola Técnica de Utrecht e de sua freqüência, por um ano, aos cursos livres, na Universidade, que parecem justificar, plenamente, a proposta de admissão do interessado aluno, e dispensá-lo do exame”<sup>3</sup> (Santos, pg.19)

Chegou em Zurique em novembro de 1865 e, em 6 de agosto de 1868 se diplomou em Engenharia Mecânica. Roentgen permaneceu em Zurique para estudar em particular a teoria da luz com August Kundt. Ao lado de Kundt realizou seus primeiros experimentos sobre propriedades de gases, e após um ano de observações, escreveu a tese “Estudos sobre gases” apresentada à Universidade Zurique no dia 22 de junho de 1868 e obteve o grau de Phd em

---

<sup>3</sup> Parecer da Escola Politécnica de Zurique

1869. Foi Kundt quem aconselhou Roentgen a seguir o caminho da física, a qual se dedicaria toda a vida, tanto no ensino como na pesquisa.

Em Zurique conheceu Anna Bertha, segunda filha de Johann Gottfried Ludwig, dono de um restaurante próximo a Escola Politécnica. Roentgen e Anna Bertha se casaram em 19 de janeiro de 1872.

Roentgen permaneceu na Escola Politécnica de Zurique como assistente de Kundt, onde organizava o laboratório de física experimental. Em 1870 quando recebeu o convite para assumir a cadeira de física na Universidade de Wurzburg, Kundt levou Roentgen como seu assistente. As condições do laboratório, porém, eram precárias e o laboratório estava mal equipado.

Roentgen não conseguiu dar progresso em sua carreira universitária de Wurzburg. Isso porque faltava a ele o título de “privat-dozent” ou “professor gratuito”, título dado aos primeiros degraus da carreira universitária, além de outras condições, faltava também um treinamento nas línguas clássicas.

Logo após seu casamento em 1872, Roentgen acompanhou Kundt para a Kaiser- Wilhelm Universidade de Estrasburgo, onde conseguiu obter, depois de dois anos, o título de privat-dozent que lhe faltava.

Em 1875 Roentgen recebeu um convite da Academia Agrícola de Hohenheim, e da Stuttgart-Hohenheim Universidade, para ser professor de física e matemática. Embora essa decisão tenha sido difícil para Roentgen, pois significava cortar as amarras afetivas e científicas que o ligavam a Kundt, Roentgen acabou por aceitar o convite. Não demorou, porém para perceber que sua grande vocação era a pesquisa, e mesmo os benefícios oferecidos pelo novo cargo não permitiriam dar continuidade aos trabalhos já começados em Estrasburgo. Após um ano e alguns meses, retornou para a Kaiser-Wilhelm Universidade, agora como professor associado da universidade.

Roentgen permaneceu em Estrasburgo durante 15 anos, e durante esse período publicou diversos trabalhos sobre vários temas de física como, calores específicos, efeito de rotação eletromagnética do plano de polarização de gases (quatro trabalhos em colaboração de Kundt), sobre propriedades actinoelétricas e piezoelétricas de cristais, descargas de eletricidade através de isolantes e condutores, sobre radiação solar (em colaboração com Exner, amigo de Zurique).

Em abril de 1879, aos 34 anos, se tornou professor na Hessian-Ludwig Universidade, em Giessen, reformando o laboratório para se adequar às exigências das pesquisas que tinha em andamento. Após a reforma deu continuidade aos estudos sobre as propriedades dos cristais, efeitos do calor e investigações sobre a absorção do calor no vapor de água.

Foi em Giessen que ocorreram alguns episódios que abalaram a vida de Roentgen. Primeiro a morte de seu pai em 1884 e a morte de sua mãe em 1888. Foi nessa época também que Bertha e Roentgen que, até então não tinham filhos, resolvem criar uma sobrinha, Josephine Bertha, de seis anos de idade.

Em 1888 Roentgen concluiu o trabalho que o projetaria para o mundo, demonstrando os efeitos magnéticos produzidos quando um dielétrico se movendo entre dois condensadores de placas carregadas eletricamente. Para essa descoberta Lorentz deu o nome de “corrente Roentgen”.

Roentgen passou dez anos em Giessen, publicando 18 trabalhos nos mais importantes periódicos da Europa e consolidando sua posição como um dos grandes pesquisadores em física na Europa, recebendo convites de várias universidades dentre as quais em 1886, a Universidade de Jena o convidou para assumir a cadeira de física, que não aceita.

Em 1888 recebe o convite para ocupar a cadeira de física de seu antigo mestre Buys-Ballot, na Universidade de Utrecht, a qual recusa. “O cargo exigiria muito do meu tempo, que dedico, de preferência, à investigação científica” disse Roentgen.

Roentgen aceitou em 1888 o convite da Universidade de Wurzburg, assumindo a direção do Instituto de Física e da Cátedra de Física. E em 1894 foi escolhido como reitor da Universidade.

A Universidade de Wurzburg possuía um significado especial para Roentgen, primeiro porque foi nela onde iniciou seu trabalho como assistente de Kundt, embora naquela época o laboratório não possuísse os equipamentos necessários e muito menos as condições para a pesquisa, e segundo porque na época não conseguiu o título de privat-dozent. Agora sua segunda passagem na Universidade entraria para a história.

### 3.1.2 O Descobrimento dos Raios-X

O ano de 1894 marcou a vida de Roentgen de diferentes maneiras. Foi escolhido com reitor, além da morte de Kundt seu mestre e mentor, publicou ao lado de trabalhos científicos “A História da Física na Universidade de Wurzburg”, porém nenhum desses acontecimentos teve tanto impacto na vida de Roentgen como o início de sua pesquisa sobre raios catódicos que culminou no descobrimento do Raios X em 1895.

A pesquisa sobre raios catódicos era um tema comum na época. Muitos cientistas de renome contribuíram para o desenvolvimento dessa área de pesquisa, desde o desenvolvimento dos primeiros tubos a vácuo até o as pesquisas sobre raios catódicos.

Em 1875 Guilherme Morgan realizou experiências com o tubo a vácuo, fazendo passar dentro do tubo uma corrente de alta tensão. O que Morgan observou foi a emissão de diferentes cores desde o verde-amarelado, passando pelo azul e vermelho.

Johann Heinrich Geissler produziu tubos a vácuo de diferentes formas e tamanhos, ao passar dentro desses tubos uma corrente de alta tensão também observou efeitos luminosos.

O primeiro a estudar a origem desses efeitos luminosos foi Julius Plucker, professor de física na Universidade de Bonn. Plucker era chefe de Geissler, e estudou os efeitos luminosos nos tubos de Geissler, percebeu que as partículas se desprendiam do eletrodo negativo e se depositavam no tubo. Foi Plucker também, quem observou pela primeira vez a fluorescência no interior do tubo, que mais tarde se denominaria raios catódicos.

Johann Wilhelm Hittorf, aluno de Plucker, produziu tubos que podiam atingir um maior grau de vácuo. Hittorf determinou a propagação retilínea dos raios catódicos, observando que ao se colocar um corpo sólido entre o cátodo e a mancha fluorescente, era produzido uma sombra no tubo de vidro.

O físico alemão Eugen Goldenstein determinou que os raios eram carregados negativamente e sua velocidade era menor que a velocidade da luz. Foi Goldenstein quem denominou a luz fluorescente de raios catódicos.

William Crookes, físico e químico inglês, estudou exaustivamente os raios catódicos. Demonstrou que a fluorescência tinha origem do impacto dos raios com um corpo sólido; que esses raios emanavam do cátodo e se propagavam em linha reta; demonstrou que os raios produziam calor; os raios são desviados por um magneto; e observou que, como ocorrido com outros cientistas, filmes mesmo colocado em caixas à prova de luz enegreciam.

A teoria eletromagnética de Maxwell influenciou Hermann von Helmholtz, matemático que “descobriu” os raios X, antes da descoberta física dos mesmos por Roentgen. Helmholtz determinou matematicamente as ondas de raio e os raios X, juntamente com suas propriedades de atravessar materiais opacos à luz. Oito meses após a descoberta de Roentgen, os físicos ingleses Sir Oliver Lodge e Sir Joseph John Thomson, utilizando a teoria de espectro de Helmholtz, determinaram que os raios X possuíam pequenos comprimentos de ondas.

Foi Hertz quem descobriu as ondas de rádio. Hertz observou que os raios catódicos atravessavam uma delgada lâmina de alumínio colocada dentro do tubo. Philipp Lenard, discípulo de Hertz, construiu um tubo a vácuo com uma delgada janela de alumínio no local de incidência dos raios catódicos na parede de vidro. Com isso, Lenard verificou que os raios catódicos ao atravessar o alumínio percorriam alguns centímetros no ar. Lenard pesquisou também a absorção dos raios catódicos por diferentes substâncias, assim com a penetração dos raios em uma “escada” de camadas de alumínio. Lenard como outro pesquisadores observou que os filmes nas proximidades, mesmo que protegidos, eram atingidos.

O que Lenard e outros pesquisadores não haviam percebido era que o efeito sobre os filmes era devido aos raios X, produzidos pelos raios catódicos ao colidirem com a parede do tubo.

Roentgen em junho de 1894 conseguiu um tubo de Lenard aperfeiçoado com o soprador de vidro Mueller-Unkel, e repetiu as experiências de Lenard sobre os efeitos dos raios catódicos fora do tubo. Em outubro de 1895 utilizou tubos com janela delgada lâmina de alumínio, já fabricadas por Hertz e Lenard, para estudar seus efeitos ao ar livre.

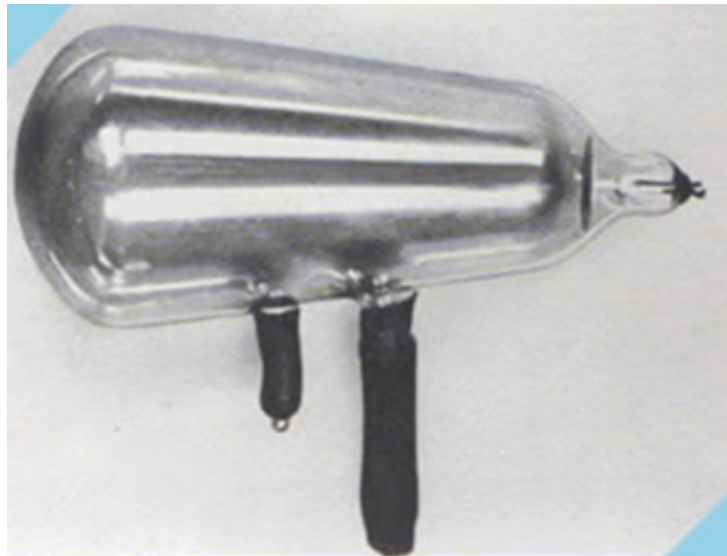
Foi em 8 de novembro de 1895 que isolado em seu laboratório repetindo as experiência de Lenard, e por sugestão do próprio, reveste o tubo com uma

cartolina preta e sobre ela uma folha de estanho, para proteger a delgada janela de alumínio do forte campo eletrostático e impedir que a luz visível passasse através do tubo. Roentgen observou, como já descrito por Lenard,

que a emanção invisível do tubo (raios catódicos) se manifestava pelo efeito fluorescente que produzia sobre uma pequena cartolina revestida de cristais de platinocianeto de bário, mas somente quando esse ecran se achava na proximidade imediata da janela de alumínio do tubo.(SANTOS, 1995, p.47)

Foi quando Roentgen percebeu que o efeito de fluorescência em experimentos com tubo de Hittorf-Crookes (Fig. 2) também seriam provocados pelos raios catódicos, mas não eram observados pela forte luminescência do tudo ao passar a corrente em seu interior. Nessa mesma noite testou sua hipótese.

Figura 2 - Tubo de Crookes utilizado por Roentgen



Fonte: Mundo da Radiologia (2014)<sup>4</sup>

Ligou um dos tubos de Hittorf-Crookes, envolvido por uma cartolina preta, aos eletrodos da bobina de Ruhmkorff, escureceu a sala impedindo que qualquer luminosidade de rua entrasse nela. Ao passar a corrente de alta tensão pelo do tubo verificou que nenhuma luz visível atravessava a cartolina que o envolvia, Roentgen então, decidiu interromper o experimento quando observou uma pequena luz a cerca de um metro do tubo, ao repetir o experimento descobriu que era um pequeno ecran de platinocianeto de bário que estava sobre o banco.

---

<sup>4</sup> Disponível em  
<<http://jhamannmundodaradiologia.blogspot.com/2014/10/rontgen-e-suas-observacoes-em-relacao.html>>



Essa descoberta fascinou Roentgen, pois ao repetir o experimento afastando o ecran observou que o mesmo continuava a emitir luz. Isso atordoou Roentgen pois esse fenômeno não poderia ser causado por raios catódicos, uma vez que esse tipo de raios percorre apenas alguns centímetros na atmosfera. Estava claro que alguma outra coisa emanava do tubo de Hittorf-Crookes ao passar a alta tensão e provoca o efeito fluorescente no ecran, mas não era nenhum tipo de raios que se tinha conhecimento. Então o que era?

Essa questão envolveu tanto Roentgen ao ponto dele se isolar em seu laboratório durante todo o dia 8 de novembro, e também todos os dias e semanas que se seguiram, até que tivera duas conclusões.

1º) algo que emanava do tubo Hittorf-Crookes, mais penetrante que os raios catódicos, propagava-se no meio exterior e provocava a fluorescência do ecran, colocado a distâncias cada vez maiores do tubo; 2º) se a emanção do tubo (que sabia não ser de natureza catódica) penetrava e se propagava no meio ambiente, isto é, no ar atmosférico, presumidamente penetraria outros meios de composição química diferentes e neles se propagaria. ( SANTOS, 1995, p.51)

Logo Roentgen colocou seu raciocínio à prova, em mais uma série de experimentos para tentar explicar esse estranho fenômeno. Inicialmente procurou observar o comportamento do novo agente em diferentes materiais - lâminas de papel de diferentes espessuras, cartas de jogar e um livro - que foram colocados entre o tubo e o ecran. Foi observado que os três brilhavam (o livro menos acentuadamente) ao passar a corrente de alta tensão pelo tubo. Em seguida o mesmo repetiu o procedimento com outras lâminas de diferentes metais (alumínio, platina, ouro, estanho, cobre, prata), e observou que o brilho variava de intensidade, não existindo para o chumbo. Disse Roentgen em sua 1ª Comunicação Prévia - Uma nova agente: “ percebe-se logo que todos os materiais são transparentes ao novo agente, se bem que diferindo grandemente em grau” (SANTOS, 1995). Isso significava que a penetração e absorção do novo raio em diferentes materiais dependia de sua espessura e composição química.

Em seguida Roentgen observou que a imagem dos objetos no ecran era reproduzida de maneira quase perfeita ao formato dos mesmos, ou seja, o que quer que estivesse emanando do tubo se propagava em linha reta, como um

raio luminoso, “o novo agente é uma nova espécie de raio” concluiu Roentgen. Não demorou a colocar outros materiais em frente ao ecran, e perplexo, observou a imagem do contorno de sua mão e dentro dela a sombra mais densa dos ossos.

Embora tenha ficado cada vez mais envolvido com suas experiências, Roentgen não dividiu com ninguém suas descobertas, nem mesmo para sua esposa e amigos próximos, como medo do que pensariam. Repetiu diversas vezes os experimentos durante os meses de novembro a dezembro, recluso em seu laboratório até possuir absoluta certeza de suas observações para então poder publicar sua descoberta.

Por último tentou reproduzir a imagem dos objetos num filme fotográfico, pensando que os novos raios o escureceria como os raios catódicos faziam, mas ao passar a corrente de alta tensão no tubo, lá estava, a área clara que corresponde a absorção dos raios pela platina, e o resto do filme escurecido.

Em seu experimento que entraria para a história, no dia 22 de dezembro, chamou sua esposa, Bertha, e colocando sua mão esquerda no suporte, com o filme fotográfico no seu interior, fez incidir a radiação do tubo por cerca de 15 minutos. Ao revelar o filme, observou os ossos dentro da mão de sua esposa, para a confirmação de suas observações.

Após a série de repetidos experimentos e observações, Roentgen não se voltou para o estudo da natureza do novo agente, mas continuou a pesquisar. No decorrer de suas experiências ele conseguiu identificar os efeitos, as características e as propriedades do novo agente, chegando as seguintes conclusões:

1° O novo agente é um tipo de raio. Uma vez que, a projeção dos objetos produzida pelo novo agente possui forma regular, semelhante aos raios luminosos, o que significa que os novos raios, assim como a luz, se propagam em linha reta.

Tendo em vista a concisão, eu gostaria de usar o termo raios (para designar o agente que emana da parede do tubo), e, para distingui-los de outros tipos de raios, usarei a denominação raios X. (W.C.Roentgen: “Sobre uma nova espécie de raios”.) (SANTOS, 1995, p.56)

2° Sobre a origem e a produção dos novos raios:

Não são raios catódicos, pois o efeito fluorescente produzido pelo novos raios era observado de 1-2 m, enquanto os raios catódicos se propagam apenas poucos centímetros na atmosfera;

Tinha como origem algo que emanava do tubo ao passar uma corrente de alta tensão em seu interior;

O novo agente emanava do ponto onde os raios catódicos se chocavam com a parede do tubo,

“Convence-se, facilmente, diz Roentgen, no item 1 de sua Comunicação Prévia, que a causa da fluorescência emana do aparelho de descarga e não de outro ponto de circuito.” Os raios X, procedem da área do tubo em que os raios colidem sobre a parede de vidro”, acrescenta Roentgen, no item 12 da sua Comunicação Prévia. Um século depois, nenhuma outra palavra definiriam, com tanta precisão, como se originam e produzem os raios X: “originam-se da área do tubo em que os raios catódicos (raios constituídos de elétrons, emitidos do eletrodo negativo ou catodo) colidem com a parede de vidro”. Diz-se hoje, sobre a origem e produção dos raios X: “Os raios X produzem -se toda vez que elétrons (constituintes dos raios catódicos), animados de altas velocidades, fazem impacto sobre um corpo. (SANTOS, 1995, p.56)

### 3° Os efeitos dos novos raios:

Em suas pesquisas Roentgen observou que o efeito da fluorescência era observado em diversas substâncias, sem ser platinocianeto de bário (que era a explicação para o fenômeno da época) ao incidirem sobre elas os novos raios, o que é comprovado pela sensibilidade da placa e do filme fotográfico. Essa sensibilidade chamou a atenção de Roentgen, que obteve diversas “radiografias”,

“Eu tenho fotografias das sombras do perfil de uma porta separando salas, em uma das quais foi colocado o aparelho de descarga e na outra a placa fotográfica; das sombras dos ossos da mão(...), das sombras de um jogo de pesos dentro de uma caixa de madeira; de uma bússola na qual a agulha magnética é inteiramente circundada por metal; de uma peça de metal, cuja falha de homogeneidade se torna aparente através dos raios X, e assim por diante.”(Roentgen, item 14 da Comunicação Prévia) (SANTOS, 1995, p.57)

4° Os novos raios se propagam em linha reta, como os raios luminosos, já que produzem sombras regulares, e é uma das justificativas de Roentgen para chamar o novo agente de raio.

5° Propagação dos novos raios em diferentes meios:

Se o novo agente se propagava pela atmosfera, ele também se propagava, com diferente intensidade, em outros meios materiais com diferentes constituições químicas. Para comprovar esse efeito Roentgen colocou entre o tubo e o ecran vários objetos, com lâminas de papel, peças de madeira, placas de alumínio, com diferentes espessuras..., e observou que a fluorescência do ecran variava de intensidade, dependendo primeiro das composição química do material e depois da espessura dos objetos.

“O papel é muito transparente: eu observei, diz Roentgen, que o ecran ainda emitia fluorescência através de um livro encadernado de cerca de 1.000 páginas (...) Uma placa de alumínio de cerca de 15mm de espessura reduz o efeito consideravelmente, mas não faz desaparecer inteiramente a fluorescência (...) Chumbo de 1,5mm de espessura é praticamente opaco(...) À medida que a espessura aumenta, todos os materiais tornam-se menos transparentes “(SANTOS, 1995, p.58)

Assim, Roentgen estabeleceu uma relação entre a natureza química, a espessura do objeto e a transparência deste frente aos novos raios, em outras palavras, a relação entre a absorção (maior ou menor) dos novos raios pelo objeto e a transparência (maior ou menor) que o objeto apresenta.

6° A natureza dos novos raios.

Roentgen percebeu no início de suas experiências que o efeito da fluorescência não poderia ser causado por raios catódicos. No decorrer de suas observações, percebeu que os raios X, diferente dos raios catódicos, não eram defletidos por um magneto, mesmo que muito forte.

Também os diferenciou da luz visível, que embora ambos se propaguem em linha reta e sejam eletricamente neutros, Roentgen não conseguiu refletir, refratar ou difratar os raios X.

Comparou os raios X com os demais raios e radiações conhecidas na época (raios infravermelhos, visíveis e raios ultravioleta), e concluiu que se comportam de maneira diferentes, e ainda, não poderiam ser causados pelas vibrações longitudinais do éter.

Como dito anteriormente, Roentgen não dividiu com ninguém suas descobertas, receoso de como o meio científico reagiria aos resultados de suas observações, porém, depois de dois meses de repetidas experiências, ele tinha

a certeza que havia descoberto um novo tipo de raio, uma nova radiação, e não poderia mais adiar o anúncio de sua descoberta.

Foi nos últimos dias de dezembro que entregou na secretaria da Sociedade de Física Médica de Wurzburg, para a publicação no jornal editado pelo professor Schultze e outros, o manuscrito do seu trabalho “Sobre uma nova espécie de raios - comunicação prévia” (que é reconhecido um modelo de redação e apresentação de trabalho científico), que foi publicado em 28 de dezembro de 1895, foram publicadas outra duas comunicações, uma em 1896 e outra em 1897, com a continuação de seus estudos sobre os raios X.

Roentgen estava realmente apaixonado pelo resultado de sua pesquisa, tanto que, ainda no 1º dia do ano enviou uma cópia de seu manuscrito junto com “fotografias” para físicos famosos e seus amigos como Emil Wurzburg, catedrático de física da Universidade de Berlim, Frederick-Wilhelm, de Berlim, Frans Exner, professor de física de Viena, Voller, em Hamburg, Kohlrausch, em Estrasburgo, Zender, em Freiberg, Poincaré em Paris.

### **3.1.3 Sobre uma nova espécie de Raios - Comércio**

Em sua comunicação prévia, duas características dos novos raios chamaram muita a atenção, não só dos físicos, mas também dos médicos. O fato dos novos raios produzirem sombras regulares e que era possível observar os ossos dentro da mão. Essas duas características levaram muitos a tentar explorar comercialmente a nova descoberta, Roentgen porém recusou todas as propostas, deixando os resultados de seu trabalho para o povo.

Não demorou para que o primeiro aparelho de Raio X surgisse na Alemanha, que seria aperfeiçoado constantemente até chegar ao estado atual.

### **3.1.4 Repercussão na sociedade**

A descoberta dos raios X teve grandes repercussões em diversas áreas da sociedade. Pouco tempo depois da divulgação, Roentgen recebeu respostas entusiasmadas de vários cientistas, dentre os quais se destacam as de Lord Kelvin, Albert Einstein, Thomas Edison, Madame Curie e Hendrik Lorentz.

Uma das grandes preocupações de Roentgen foi a repercussão entre o público leigo, com as notícias sensacionalistas que começaram a surgir. Entretanto, a área mais afetada pelos raios X foi a área médica. Em 13 de janeiro de 1896 a primeira notícia sobre a descoberta e sua utilização na medicina foi publicada em uma revista médica.

Nesse mesmo mês, Roentgen recebe o convite para realizar uma demonstração em frente ao Imperador Guilherme II, após a qual foi condecorado com a *Prussian Order of the Crown, II Class*, por sua contribuição para a ciência.

É também em janeiro de 1896 que realizou a única apresentação sobre a descoberta dos Raios X, a convite da Sociedade de Física Médica de Wurzburg. Na apresentação, na qual foi ovacionado logo da entrada, Roentgen explicou detalhadamente todo o processo do descobrimento dos raios X. Partindo do trabalho de físicos ilustres que o antecederam nas pesquisas sobre raios catódicos, referindo-se a Hertz, Hittorf, Crookes e Lenard, passando pela observação, acidental, da fluorescência do ecrã de platinocianeto de bário causada pelos novos raios, até a utilização da fotografia utilizando os raios X.

Até a sua morte em 1923, Roentgen não realizou nenhuma outra apresentação sobre sua maior descoberta.

## **No Brasil**

O primeiro aparelho de Raios X chegou ao Brasil graças a uma coincidência. Acontece que na época do descobrimento dos Raios X, o professor baiano Alfredo Brito estava na Europa. Então ainda em 1896 foi instalado no Hospital Santa Isabel um aparelho de Raios X.

Foi também no Brasil, durante a Guerra de Canudos, que o Raios X foram utilizado pela primeira vez em uma cirurgia. Nesse período foram realizados ainda 98 exames de radioscopias e radiografias.

### **3.1.5 Tubo de Coolidge**

Com os raios X sendo utilizados com crescente frequência em hospitais da Europa e dos Estados Unidos da América, não demorou a aparecer a necessidade de se melhorar o tubo a vácuo e a bobina de indução.

Foram feitas diversas tentativas de corrigir os problemas com tubo de Raio X, como sua falta de uniformidade e constância em seu funcionamento, e principalmente sua durabilidade. O maior aperfeiçoamento veio apenas 20 anos depois da descoberta de Roentgen, quando em 1913 o estadunidense William David Coolidge, anunciou um novo tubo, no qual a radiação passou a ser emitida por um filamento de tungstênio, o que acabou por resolver os problemas da constância, uniformidade e de durabilidade.

### **3.1.6 Da glória até os últimos dias**

Provavelmente a descoberta do Raios X tenha sido a descoberta com maior impacto para o público geral. Manchetes e fotos sensacionalistas foram publicados em jornais e revistas, o que incomodava profundamente Roentgen, mesmo com as felicitações que recebia de diversos cientistas. Entre essas mensagens e felicitações, destaca-se a de *Doutor Honoris Causa* da Universidade de Wurzburg, em 3 de março de 1896.

O tumulto que a descoberta causou não afetou somente Roentgen, mas também sua esposa Bertha. Perderam completamente sua privacidade, seja em casa ou no laboratório. Por essa razão viajaram para Sorrento, na Itália, para onde seguem em 1º de março, logo após ter entregue seu trabalho "*Sobre uma nova espécie de raios - segunda comunicação*" a Sociedade de Física Médica de Wurzburg.

Infelizmente o tumulto causado foi tamanho que em Munique e em Roma foi incomodado com pedidos de demonstrações e conferências.

Após um mês, no começo de abril retornaram para Wurzburg, sem paradas. Ao chegar em casa, encontraram inúmeras cartas e mensagens. Dentre elas o título de cidadão honorário de Lennep, cidade natal de Roentgen. Encontrava-se ainda a condecoração com a *Real Ordem de Mérito da Coroa de Baviera*, que incluía um título de nobreza, ao qual recusa.

Essas não foram as únicas homenagens e honrarias que recebeu, entre 1896 até 1900, diversas instituições, universidades e sociedades científicas enviaram para Roentgen títulos, medalhas e diplomas.

Toda essa fama não agradou Roentgen, que ainda em 1896 retoma os experimentos sobre os Raios X.

Em 1900 atendendo ao pedido do governo da Baviera, Roentgen aceita assumir a cátedra de física na Universidade de Ludwig-Maximilians, de Munique. Em dezembro de 1901, embora não tenha comparecido a nenhuma das homenagens feitas a si acerca do descobrimento dos raios X, viaja até Estocolmo, onde em 10 de dezembro recebe das mãos do Príncipe Soberano da Suécia, diploma, medalha de ouro e o prêmio em dinheiro, por ter ganhado o primeiro Prêmio Nobel de Física.

Entre 1900 e 1904 recusou inúmeros convites de universidades, como a da Carnige Institute de Washinton e até o convite para assumir a presidência da Physikalisch-Technische Reichsanstalt em Berlim-Charlottenburg, para suceder a Kohlrausch.

Infelizmente não eram apenas as honrarias que chegavam até Roentgen. Muitos tentaram reivindicar a descoberta para si próprios.

Os experimentos com raios catódicos eram muito comuns na época. Certamente físicos como Hittorf, Crookes, Hertz e Lenard já haviam observado o estranho fenômeno que ficou desconhecido até 1896. Foi apenas Roentgen quem não ficou apenas na observação, mas realizou uma profunda investigação acerca da origem e natureza dos novos raios.

Porém, não faltavam comentários maliciosos sobre ele não ter sido o descobridor dos Raios X. Foi Lenard, discípulo de Hertz, quem alimentava tais comportamentos. A animosidade de Lenard para Roentgen começou logo após Roentgen suceder Wein em Wurzburg e receber o Prêmio Nobel.

Entre os mais diversos tipos de comentários e agressões que recebeu, até mesmo para o técnico de Roentgen no Instituto, de nome Marstaller alguns atribuíram a descoberta dos raios X, chamando de “Raios Marstaller” pelos corredores da universidade, o que magoou profundamente Roentgen. Lenard chegou a afirmar que Roentgen era judeu, o que era perigoso, dada a perseguição nazista aos judeus.



No 10º aniversário da descoberta dos Raios X, na carta enviada a Roentgen por físicos alemães como, Boltzmann, Lorentz e Planck, não havia o nome de Lenard. Nessa época foi realizado em Berlim, no dia 30 de abril de 1905, o “Congresso Roentgen”, que foi planejado por radiologistas. Roentgen agradeceu as mensagens que foram enviadas a ele, mas para um amigo expressou o quão desapontado estava por terem usado seu nome sem sua permissão.

Durante o “Congresso Roentgen” foram apresentados inúmeros trabalhos, alguns sobre a última parte que faltava para completar o episódio do descobrimento dos raios X, a natureza da radiação X. Em sua *III Comunicação - Observações adicionais sobre as propriedades dos novos raio* de 10 de março de 1897, Roentgen demonstrou como ele tentou obter o fenômeno de difração com os raios X, porém cada vez que os aparelhos eram ajustados para repetir a experiência os resultados não batiam.

Apenas em 1912 que a questão da natureza dos raios X foi respondida. Neste ano trabalhavam no laboratório do Instituto de Física Teórica, do Instituto de Física de Munique; Walter Friedrich, Paul Ewald, Max von Laue e Paul Knipping.

Friedrich e Knipping, realizam uma pesquisa baseada em uma sugestão de Laue, obtendo os primeiros padrões de difração do Raio X. Quando mostraram para Roentgen, os resultados e o aparelho, Roentgen ficou muito animado com a nova descoberta. Foi apenas em 4 de maio de 1912 que Walter Friedrich, Max von Laue e Paul Knipping, apresentaram uma prévia de seu trabalho, em junho. O trabalho completo foi entregue ao Instituto de Física Teórica da Academia da Baviera.

Em 1914 Laue recebeu o Prêmio Nobel de Física pela descoberta da difração dos raios-X em cristais.

### **Os últimos dias**

Dada a personalidade tímida de Roentgen, a fama e o tumulto ao seu redor acabou resultando em seu isolamento, o que foi agravado pela 1ª Guerra e a doença da esposa.

Em 1920, logo após a morte de sua esposa, Roentgen se afasta de seu cargo de professor de Física na Universidade de Munique. Embora tenha continuado a frequentar o laboratório quando possível, porém aos 77 anos, caminhar todos dias até o laboratório era difícil, o que era agravado pelo fato de sua visão e audição não contribuírem para seu trabalho.

A cada dia que passava estava cada vez mais envolvido pela solidão, enfrentando sozinho as consequências do pós-guerra, perdendo inclusive todos os seus bens.

Em 1920 recebeu o título de Professor Emérito da Universidade de Munique. Nesse mesmo ano foi indicado como membro correspondente da Academia de Berlin.

Roentgen faleceu em Munique no dia 10 de fevereiro de 1923, suas cinzas foram transferidas em novembro para um túmulo em Geissen na Alemanha, onde estavam os restos mortais de seus pais e esposa.

Respeitando seu último desejo, todos os seus diplomas, prêmios, títulos, etc, foram doados à Universidade de Wurzburg. Todas suas escrituras, pessoais ou científicas, foram queimadas. Tudo o que restou de sua obra original foi a primeira página de *“Sobre uma nova espécie de raios - comunicação prévia”*. (Santos, 1995)

## **4. DESENVOLVIMENTO**

### **4.1 Concepção de pesquisa**

A presente pesquisa será realizada a partir de uma pesquisa bibliográfica/documental. De caráter qualitativo, uma pesquisa bibliográfica é, de acordo com Severino e Gil (2007; 2002), uma pesquisa realizada a partir de trabalhos já concluídos, tais como livros e artigos de revistas. Desta forma a pesquisa bibliográfica é capaz de “proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a constituir hipóteses.(GIL, 2002, p.41)”.

A abordagem utilizada será a Análise Textual Discursiva (ATD), esse tipo de análise pretende obter uma maior compreensão sobre o tema investigado (Moraes, 2016). De modo geral possui cinco etapas: preparação da informação, unitarização, caracterização, descrição e interpretação.

### **4.2 Etapas da pesquisa**

A primeira etapa (preparação da informação) foi realizada a partir de uma pré-análise das resenhas das coleções presentes no Guia de Livros Didáticos do Programa Nacional do Livro Didático de 2015 e 2018 (PNLD 2015;PNLD 2018), foi realizado também a análise dos livros didático selecionados, visando localizar o tema dos Raios X. Os dois guias utilizados foram disponibilizados pelo Portal do FNDE (Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação).

O objetivo da pré-análise do Guia de livros didáticos foi de identificar, *a priori*, como a HFC e os eventos do descobrimento dos raios X são apresentados nos livros. Depois da análise dos Guias será realizada a análise dos Livros Didáticos.

A segunda etapa (unitarização ou transformação do conteúdo em unidades) tem como objetivo, localizar e analisar nos livros didáticos, o tema dos raios x, para a partir do material encontrado formular unidades de análise. Essas unidades surgem a partir do processo de “fragmentação dos textos e codificação de cada unidade; reescrita de cada unidades de modo que assuma

um significado, o mais completo possível em si mesmo; atribuição de um nome ou título para cada unidade assim produzida”(MORAES, p. 41, 2016).

A terceira etapa (categorização) consiste em classificar as unidades definidas na etapa anterior, agrupando elementos semelhantes, onde os dados semelhantes constituem uma Categoria.

As categorias serão do tipo *dedutivo-verificatória*, ou seja, as categorias hipóteses, que determinam a natureza dos dados e sua organização. (SILVA, 2014)

A quarta etapa (descrição) consiste em descrever as categorias numa “exposição de ideias de uma perspectiva próxima de uma leitura imediata” (MORAES, p. 57, 2016).

A quinta etapa (interpretação) constrói uma compreensão mais aprofundada das categorias, indo além de um exercício meramente descritivo.

As duas últimas etapas fazem parte da conclusão.

#### **4.2.1 Pré análise (preparação das informações)**

A HFC faz parte dos critérios de avaliação e exclusão dos livros no PNLD, inserida no processo de contextualização que busca problematizar o cotidiano dos estudantes, assim como seu conhecimento prévio, para então ligá-los ao novo conhecimento, de forma a permitir uma aprendizagem significativa. (BRASIL, 2018)

A HFC aparece como um dos recursos utilizados, pois é possível a partir dela

“valorizar uma história mais interna ao âmbito da Ciência, discutindo a evolução de um conceito ou destacando experimentos ou situações exemplares que possam contribuir para uma mudança conceitual; ou uma história que se liga a fatores externos, com o objetivo de relacionar o conhecimento científico ao momento histórico de seu desenvolvimento, incorporando aspectos sociais, culturais, políticos ou econômicos. (BRASIL, 2018, p. 10)”

Os quadros 1 e 2 apresentam os livros selecionados pelos PNLD 2015 e 2018, respectivamente:

Quadro 1 – Livros Selecionados pelo PNLD 2015

<b>Código</b>	<b>Autores</b>	<b>Título da Coleção</b>
LD15.1	Alberto Gaspar	COMPREENDENDO A FÍSICA
LD15.2	Alysson Ramos Artuso; Marlon Wrublewski	FÍSICA
LD15.3	Maurício Pietrocola; Alexander Pogibin; Renata de Andrade; Talita Raquel Romero	Física - Conceitos E Contextos: Pessoal, Social, Histórico
LD15.4	José Roberto Castilho Piqueira; Wilson Carron; José Osvaldo de Souza Guimarães	FÍSICA
LD15.5	Claudio Xavier; Benigno Barreto	FÍSICA AULA POR AULA
LD15.6	Antônio Máximo; Beatriz Alvarenga	FÍSICA CONTEXTO E APLICAÇÕES
LD15.7	Bonjorno; Clinton; Eduardo Prado Casemiro; Regina de F. S. A. Bonjorno; Valter Bonjorno	FÍSICA
LD15.8	Aurélio Gonçalves Filho; Carlos Toscano	FÍSICA INTERAÇÃO E TECNOLOGIA
LD15.9	Luiz Felipe Fuke ; Kazuhito Yamamoto	FÍSICA PARA O ENSINO MÉDIO
LD15.10	Ricardo Helou Doca; Newton Villas Bôas; Gualter José Biscuola	FÍSICA
LD15.11	Carlos Aparecido Kantor; Lilio Alonso Paoliello Jr.; Luís Carlos de Menezes; Marcelo de Carvalho Bonetti ; Osvaldo Canato Jr.; Viviane Moraes Alves	QUANTA FÍSICA
LD15.12	Angelo Stefanovits	SER PROTAGONISTA FÍSICA
LD15.13	Gloria Martini; Walter Spinelli; Hugo Carneiro Reis; Blaidi Sant'Anna	CONEXÕES COM A FÍSICA

LD15.14	Carlos Magno A. Torres; Nicolau Gilberto Ferraro; Paulo Antonio de Toledo Soares; Paulo Cesar Martins Penteado	FÍSICA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
---------	---	--------------------------------

Fonte: a autora (2021)

Dos quatorze livros selecionados no PNLD 2015, apenas dois não entram no novo PNLD 2018, sendo eles:

- Artuso, Alysson Ramos; Wrublewski, Marlon. **Física**;
- Kantor, Carlos Aparecido; Jr., Lilio Alonso Paoliello; Menezes, Luís Carlos de; Bonetti Marcelo de Carvalho; Jr., Osvaldo Canato; Alves, Viviane Moraes. **QUANTA FÍSICA**.

Quadro 2 – Livros Selecionados pelo PNLD 2018

<b>Código</b>	<b>Autores</b>	<b>Título da Coleção</b>
LD18.1	Alberto Gaspar	COMPREENDENDO A FÍSICA
LD18.3	Pogibin, Alexander; Pietrocola, Maurício; Andrade, Renata de; Romero, Talita Raquel.	FÍSICA EM CONTEXTOS
LD18.4	José Roberto Castilho Piqueira; Wilson Carron; José Osvaldo de Souza Guimarães	FÍSICA
LD18.5	Claudio Xavier; Benigno Barreto	FÍSICA AULA POR AULA
LD18.6	Antônio Máximo; Beatriz Alvarenga	FÍSICA CONTEXTO E APLICAÇÕES
LD18.7	Bonjorno; Clinton; Eduardo Prado Casemiro; Regina de F. S. A. Bonjorno; Valter Bonjorno	FÍSICA
LD18.8	Aurélio Gonçalves Filho; Carlos Toscano	FÍSICA INTERAÇÃO E TECNOLOGIA
LD18.9	Luiz Felipe Fuke ; Kazuhito Yamamoto	FÍSICA PARA O ENSINO MÉDIO

LD18.10	Ricardo Helou Doca; Newton Villas Bôas; Gualter José Biscuola	FÍSICA
LD18.12	Angelo Stefanovits	SER PROTAGONISTA FÍSICA
LD18.13	Gloria Martini; Walter Spinelli; Hugo Carneiro Reis; Blaidi Sant'Anna	CONEXÕES COM A FÍSICA
LD18.14	Carlos Magno A. Torres; Nicolau Gilberto Ferraro; Paulo Antonio de Toledo Soares; Paulo Cesar Martins Penteado	FÍSICA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Fonte: a autora (2021)

Observa-se que todos os doze livros do PNLD 2018 estão presentes no PNLD de 2015.

Dessa forma foram extraídos trechos referentes a HFC (Quadro 3), do Guia do Livro Didático:

Quadro 3 - Pré Análise do Guia de Livros Didáticos e Dados das Coleções Distribuídas do PNLD 2015

Código	Extratos das resenhas dos Livros
LD15.1	A História da ciência é contemplada em praticamente todas as unidades da coleção, geralmente em <b>pequenos textos biográficos ou cronológicos, inseridos em boxes ao longo do capítulo</b> . Em menor frequência, aparecem, logo na introdução do capítulo, no sentido de melhor contextualizar o assunto. (p.37)
LD15.2	A busca pela contextualização é um aspecto presente na coleção. Textos, ilustrações e atividades estimulam o aluno a refletir sobre situações cotidianas, a <b>perceber como os conteúdos da Física foram desenvolvidos, aprimorados ou transformados ao longo da história e a compreender como a atividade científica é determinada por condicionantes diversos, como política, ideologia, economia, religião, cultura, problemas socioambientais, entre outros.[...]</b> Nos casos da abordagem histórica, a coleção consegue <b>integrá-la aos conteúdos específicos</b>

	dos capítulos, não se constituindo em tópicos complementares ou suplementares. (p.42)
LD15.3	Por outro lado, <b>a contextualização histórica é um ponto a ser destacado na coleção.</b> Distintamente do que é mais comum em livros didáticos, nos quais aspectos históricos aparecem em boxes, <b>a história da ciência é introduzida como parte integrante do texto principal.</b> (p.47)
LD15.4	Encontram-se, na coleção, aspectos que se referem à História da Ciência e que permitem aos alunos <b>conhecer a biografia de personagens que deram sua contribuição para construção da Física.</b> No box <i>Em construção</i> , bem como em outros que se referem a alguns episódios históricos do desenvolvimento da Física, apresentam-se alguns elementos que caracterizam esses personagens.(p.52)
LD15.5	Aspectos relativos à história da Ciência e à construção de conhecimentos em Física possuem <b>destaque na seção introdutória de cada um dos volumes que compõem a obra.</b> (p.58)
LD15.6	Ainda que a obra apresente algumas inserções de elementos da história da ciência que favorecem o reconhecimento da física como um conjunto de conhecimentos socialmente produzidos, <b>o papel da história não se constitui, ao longo do texto, em um aspecto que desperte a atenção,</b> quer do ponto de vista da sua frequência, quer do ponto de vista da sua natureza. Como regra, a história da física, quando aparece, é pouco aprofundada e se encontra dissociada do contexto social mais amplo.(p.63)
LD15.7	<b>Aspectos históricos da ciência podem ser encontrados principalmente ao final de vários capítulos,</b> nas seções <i>A História Conta</i> . Ainda que <b>nem sempre se encontrem organicamente integrados ao desenvolvimento do conteúdo,</b> em geral são textos interessantes, com questões propostas que podem ser exploradas pelos professores, no sentido de <b>introduzir o elemento humano no desenvolvimento da ciência.</b>



	(p. 70)
LD15.8	<p>Aspectos relevantes da história da Ciência <b>são incorporados ao texto principal para contextualizar as condições de produção dos modelos e teorias e contrapor modelos e teorias antigas e atuais.</b></p> <p>A obra inclui discussões sobre a Ciência como um <b>conhecimento em processo de transformação, que não atinge verdades absolutas e que progride por meio de rupturas e não de forma linear e cumulativa.</b> O texto também explicita a consistência do trabalho de vários cientistas e <b>não trata a Ciência como obra de gênios.</b>(p. 74)</p>
LD15.9	<p>A História da Ciência é contemplada, ao longo da coleção, <b>em momentos oportunos, na abertura dos capítulos, ao longo da apresentação dos conceitos e na proposta de leituras complementares.</b> Procura-se caracterizar o caráter da ciência como <b>processo de construção humana,</b> em oposição ao seu caráter de objeto de estudo acabado. Nos capítulos, é detalhado um aspecto do tema, em uma sequência que procura vislumbrar <b>sua evolução histórica.</b> Na abertura de cada unidade, por meio de um texto motivador, apresenta-se algum contexto histórico, seja através de grandes personagens da ciência ou através da sociedade da época. A seção <i>A Física na História</i> aborda as circunstâncias em que algumas descobertas aconteceram, <b>os cientistas envolvidos e o contexto político da época.</b> (p.79)</p>
LD15.10	<p><b>A história da ciência não é um ponto de destaque da obra.</b> Conteúdos dessa natureza são apresentados mediante algumas articulações pontuais ao longo do texto.(p.85)</p>

LD15.11	<p>Mais especificamente, as relações entre ciência, tecnologia, sociedade são enfocadas no capítulo <i>A Física</i> como parte da cultura humana, tecnológica e científica que apresenta os conteúdos da Física, considerando a sua contextualização, seja em relação a aspectos sociais, históricos, culturais e econômicos, seja em relação àqueles do cotidiano em que suas utilizações se façam pertinentes. Também o box <i>Física e Tecnologia</i> dedica-se especialmente a estabelecer <b>relações entre conceitos físicos e desenvolvimento tecnológico. Enfatiza-se a perspectiva de Ciência como atividade e construção humana, quando conteúdos são tratados, articulando-os com a sua historicidade ao longo do desenvolvimento da Ciência.</b>(p.90)</p>
LD15.12	<p>A História da Ciência e as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade <b>não são tomadas como eixos estruturadores da coleção</b>, porém, <b>são trabalhadas, em diferentes formas, em todos os volumes</b>. A História da Ciência está presente, <b>em alguns momentos, ao longo do próprio texto, mas é contemplada principalmente nos boxes “Fatos e personagens”</b>. Nas seções <i>“Física tem história”</i> são abordados prioritariamente aspectos relacionados ao <b>desenvolvimento de técnicas ou de tecnologias</b> como, por exemplo, a história do fogo, da roda, do uso de gás para iluminação, do uso dos espelhos, da conservação de alimentos, dentre outros. (p.96)</p>
LD15.13	<p>As seções que se intercalam no texto servem para orientar o tratamento conceitual e ampliar o conhecimento do aluno. São estabelecidas conexões com a História da Ciência e a Física Moderna Contemporânea, mostrando <b>contribuições da Física ao desenvolvimento tecnológico e evidenciando a necessidade do saber físico para a compreensão de fenômenos do cotidiano</b>. São destacadas algumas questões relativas à Ciência, Tecnologia, Sociedade, Ambiente que podem contribuir para uma reflexão do aluno sobre os impactos da ciência e tecnologia na sociedade. (p.101)</p>

LD15.14	Para desenvolver os conteúdos e apresentar as atividades de forma contextualizada, <b>a obra destaca aspectos da dimensão histórica da produção de conhecimento, por exemplo, ao discutir aspectos do desenvolvimento das ideias da Física.</b> (p.105)
---------	---

Fonte: A autora (2021)

Os Raios X são apresentados em cada livro a partir de contextos e abordagens diferentes. Observar-se que em cada livro a abordagem da HFC depende do enfoque do livro, assim como, da maneira como cada um dos autores compreende o papel da HFC e da NdC no desenvolvimento do ensino e aprendizagem de ciências.

#### **4.2.2 Segunda etapa: Unitarização**

Foram identificadas *unidades de análise* nos livros didáticos, cada uma dessas unidades foi nomeada com um código relacionado ao sistema de identificação anterior (QUADRO 3).

No LD15.1 foi identificado 4 unidades de análise (QUADRO 4)

Quadro 4 - Unidades de análise identificadas no LD15.1.

Código	Unidade de análise
LD15.1.1	<p>Enquanto os físicos tentavam descobrir a solução para a natureza dos raios catódicos e do espectro da radiação térmica, duas novas descobertas aumentaram o repertório de questões para quais a física não tinha resposta que já era desagradavelmente grande: os <b>raios x</b> e a <b>radioatividade</b>, duas das raras descobertas acidentais da física. Por isso, têm data de descobrimento. A primeira ocorreu em 8 de novembro de 1895; a segunda, alguns meses depois, em 26 de fevereiro de 1896. Na noite da descoberta dos raios X, o físico alemão Roentgen (1845-1923) pretendia estudar a luminescência que aparecia em alguns materiais colocados do lado de fora das paredes frontais dos tubos de raios catódicos. (Cap. 13, p.628. 1º parágrafo)</p>
LD15.1.2	<p>Para isso preparou uma pequena tela recoberta por um sal de bário, que seria colocada externamente, junto a parede frontal do tubo de raios catódicos. O tubo inteiramente vedado com cartolina preta, foi colocado numa sala completamente às escuras. Se alguma luminosidade aparecesse na telinha Roentgen teria certeza de que era produzida pelo sal de bário.</p> <p>Mas no primeiro teste para verificar a vedação luminosa do tubo, Roentgen observou um fenômeno surpreendente. A telinha deixada sobre o banco a cerca de um metro do tubo, passou a exibir um brilho tênue. Roentgen fez vários testes e concluiu que esse brilho se devia a algo que emanava da parede de vidro do tubo e atingia a telinha. Durante os testes, Roentgen descobriu uma espantosa propriedade dessa emanção. Ao colocar a mão à frente do tubo, pôde ver, com clareza, a silhueta de seus ossos.</p> <p>Atônico, passou a pesquisar sozinho, secretamente, as propriedades daquelas incríveis emanções, que chamou de raios X. Roentgen logo descobriu que os raios X impressionavam chapas fotográficas, o que</p>

	<p>Ihe permitiu fazer as primeiras radiografias de partes do corpo humano. Só depois de sete semanas de trabalho, no dia 28 de dezembro de 1895, ele deu a público um relato detalhado de sua descoberta, apresentando uma radiografia de sua mão. O impacto da notícia foi extraordinário. (Cap. 13, p.629. 1º ao 3º parágrafo)</p>
LD15.1.3	<p>A possibilidade de ver os ossos e órgãos internos através do corpo humano era, certamente, o sonho de todo o médico. Por isso Roentgen apresentou o primeiro relato de sua descoberta à Sociedade Físico-Médica de Würzburg, cidade universitária localizada na Baviera, Alemanha.</p> <p>A descoberta dos raios X desencadeou uma extraordinária mobilização tanto na Física como na Medicina. Um ano depois da descoberta já havia mais de mil trabalhos sobre o assunto. (Cap. 13, p.629. 3º ao 4º parágrafo)</p>
LD15.1.4	<p><b>BOX: WILHELM ROTEN - A PRIMEIRA CELEBRIDADE DA FÍSICA.</b></p> <p>Em 1902, Roentgen foi laureado com o primeiro Nobel de Física “em reconhecimento pelos notáveis serviços prestados pela descoberta dos extraordinários raios aos quais ele deu nome [ os raios X também eram conhecidos com raios Roentgen] ”.</p> <p>O impacto de sua descoberta, não só por suas aplicações médicas, mas pela possibilidade de ver através de objetos opacos, estimulou as mais variadas fantasias humanas. As cópias das radiografias que ela tirara eram avidamente disputadas. Numa carta a um amigo, a quem enviou algumas dessas cópias, Roentgen recomendava que ele as emoldurasce, para que não fossem roubadas. É dessa carta, datada de 6 de fevereiro de 1896, pouco mais de um mês depois do relato oficial de sua descoberta, este trecho que expresso bem seus sentimento:</p> <p style="padding-left: 40px;">“Eu não tinha falado com ninguém a respeito do meu trabalho. [...] No dia primeiro de janeiro enviei novas cópias [radiografias] e</p>

	<p>depois o diabo que se encarregasse do resto. A imprensa de Viena foi a primeira a 'botar a boca no trombone' e logo em seguida outros seguiram seu exemplo. Eu não chegava a reconhecer meu próprio trabalho nas reportagens. A fotografia, para mim, é um meio que leva a um fim, mas foi transformada na coisa mais importante. Aos poucos fui me acostumando ao turbilhão, mas isso levou tempo. Faz exatamente quatro semanas que não consigo fazer uma só experiência! Outras pessoas poderiam trabalhar, mas eu não. Você não sabe como as coisa ficaram confusas." ( Segrè, E. <i>Dos raios X aos quarks</i>. Brasília: Editora de UnB, 1987, p.24) (Cap. 13, p.629.)</p>
--	---

Fonte: a Autora (2021)

No LD15.2 foram identificadas 2 unidades de análise (QUADRO 5).

Quadro 5 - Unidades de análise identificadas no LD15.2.

<b>Código</b>	<b>UNIDADE DE ANÁLISE</b>
LD15.2.1	<p>A descoberta da radioatividade está relacionada com a descoberta dos raios X. (3º parágrafo - p.302)</p> <p>Em novembro de 1895, o físico alemão Wilhelm Roentgen (1845 - 1923) estudava efeitos de passagem de correntes elétricas geradas por alta voltagem em tubos de vácuo, quando observou a emissão de um novo tipo de radiação que gerava efeitos luminosos sobre uma chapa fotográfica . Ela chamou os misteriosos e desconhecidos raios de raios X. (Cap. 12, p.302. 3º parágrafo)</p>

Fonte: a Autora (2021)

No LD15.3 não foram identificados elementos de HFC com o tema de raios X.

No LD 15.4 foi identificado 1 unidade de análise (QUADRO 6).

Quadro 6 - Unidades de análise identificadas no LD15.4.

<b>Código</b>	<b>Unidade de análise</b>
---------------	---------------------------

LD15.4.1	<p>Em 1895, o físico alemão Wilhelm Conrad Röntgen (1845- -1923), usando um tubo de vácuo, um filamento incandescente e alta voltagem, acelerou elétrons emitidos pelo filamento. Nesse dispositivo, conhecido como tubo de raios catódicos, Röntgen utilizou um princípio bem semelhante ao dos tubos de televisão.</p> <p>Ao atingir a tela do tubo, grande parte da energia dos elétrons era transformada em energia térmica. Havia também uma parte que se transformava em energia radiante. A radiação emitida, muito mais penetrante do que a luz, não era percebida pelo olho humano, mas podia sensibilizar uma chapa fotográfica.</p> <p>Desconhecida até então, ela foi chamada de radiação X, ou raios X. A descoberta de Röntgen, que lhe rendeu o Prêmio Nobel de Física de 1901 (primeiro Prêmio Nobel de Física), teve aplicação quase imediata na Medicina, nas radiografias , permitindo o acesso a regiões nas quais nossa visão não penetra. (Cap. 8, p.175. 1º ao 3º parágrafo)</p>
----------	---

Fonte: a autora (2021)

No LD15.5 foram identificadas 8 unidades de análise (QUADRO 7).

Quadro 7 - Unidades de análise identificadas no LD15.5.

<b>Código</b>	<b>UNIDADES DE ANÁLISE</b>
LD15.5.1	Foi o físico alemão Wilhelm Conrad Roentgen (1845 -1923) quem descobriu e batizou os raios X, em 1895. (Cap. 15, p. 261. 1º parágrafo)
LD15.5.2	Isso ocorreu quando Roentgen estudava o fenômeno da luminescência num tubo de Crookes (homenagem ao físico inglês William Crookes - 1832-1919). (Cap. 15, p. 261. 1º parágrafo)
LD15.5.3	[...] Em um dos desdobramentos dessa experiência, Roentgen envolveu numa caixa de papelão negro guardou-o numa câmara escura e colocou próximo da caixa um pedaço de papel recoberto de platinocianeto de bário. (Cap. 15, p. 261. 2º parágrafo)

LD15.5.4	Ele percebeu que, além dos raios catódicos, havia a emissão de outra radiação misteriosa que velava a chapa fotográfica. Resolveu então colocar corpos opacos à luz visível entre o dispositivo e o papel fotográfico. Assim conseguiu provas de que vários materiais opacos à luz diminuían, mas não eliminavam a propagação dessa radiação. (Cap. 15, p. 261. 2º parágrafo)
LD15.5.5	Ele foi o responsável por conseguir a primeira radiografia, quando sua esposa colocou a mão entre o dispositivo e o papel fotográfico. O resultado revelou a estrutura óssea interna da mão humana, com todas as suas formações ósseas. (Cap. 15, p. 261. 3º parágrafo)
LD15.5.6	Essa foi a primeira chapa de raio X, nome dado por Roentgen à sua descoberta em 22 de dezembro de 1895. Por essa descoberta, ele recebeu o Prêmio Nobel de Física, em 1901. (Cap. 15, p. 261. 4º parágrafo)
LD15.5.7	Logo depois, os raios X passaram a ser utilizados na Medicina. (Cap. 15, p. 261. 4º parágrafo)
LD15.5.8	Roentgen utilizou o termo “raios X” porque desconhecia a natureza dessa radiação. Os raios catódico, ao se chocarem contra o ânodo, são desacelerados bruscamente e emitem os raios X, ou seja, ondas eletromagnéticas cujas frequências são maiores que as frequências da radiação ultravioleta. (Cap. 15, p. 261. 4º parágrafo)

Fonte: a Autora (2021)

No LD 15.6 foram identificadas 3 unidades de análise (QUADRO 8):



Quadro 8 - Unidades de análise identificadas no LD15.6.

<b>Código</b>	<b>UNIDADE DE ANÁLISE</b>
LD15.6.1	[...].Os raios X foram descobertos em 1895 pelo físico alemão W.Röntgen. A denominação <b>raios X</b> foi usada por Röntgen porque ele desconhecia a natureza das radiações que acabava de descobrir (raios X = raios desconhecidos). (Cap. 8, p. 251. 1º parágrafo)
LD15.6.2	Röntgen verificou que os raios X têm a propriedade de atravessar, com certa facilidade, os materiais de baixa densidade (como os músculos de uma pessoa) e de ser mais bem absorvido por materiais de densidade mais elevada (como os ossos do corpo humano). (Cap. 8, p. 251. 3º parágrafo)
LD15.6.3	Em virtude dessa propriedade, logo após a sua descoberta os raios X passaram a ser amplamente usados para se obter radiografias. O próprio Röntgen foi o primeiro a fazer uso dessas radiações com essa finalidade, conseguindo obter a radiografia dos ossos da mão de uma pessoa. (Cap. 8, p. 251. 3º parágrafo)

Fonte: a Autora (2021)

No LD15.7 não foram identificadas unidades de análise.

No LD15.8 foi identificado 1 unidade de análise (QUADRO 9)

Quadro 9 - Unidades de análise identificadas no LD15. 8.

<b>Código</b>	<b>UNIDADE DE ANÁLISE</b>
LD15.8.1	“Wilhelm Roentgen havia <b>descoberto</b> uma radiação eletromagnética diferente e <b>resolveu</b> chamá-la de “raios - X”. (INTRODUÇÃO, p. 13. 2º parágrafo)

Fonte: a Autora (2021)

No LD15.9 não foram identificadas unidades de análise.

No LD15.10 não foram identificadas unidades de análise.

No LD15.11 foram identificadas 2 unidades de análise (QUADRO 10)

Quadro 10 - Unidades de análise identificadas no LD15.11.

<b>Código</b>	<b>UNIDADE DE ANÁLISE</b>
LD15.11.1	Nessa mesma época, com a utilização da platina e de outros metais pesados como constituintes dos eletrodos observou-se a emissão de um estranho tipo de radiação invisível que atravessava não apenas as paredes do próprio tubo, mas também diversos objetos e até mesmo o tecido do corpo humano, projetando imagens dos ossos em uma tela. Por serem completamente desconhecidos e de existência inesperada, foram chamados de raios X e provocaram deslumbramento em todo o mundo, sendo rapidamente utilizados na medicina e em outras atividades. (Cap. 1, p. 25, 2º parágrafo)
LD15.11.2	Diferentemente dos raios catódicos, os raios X não eram desviados pela ação de campos elétricos ou magnéticos, levando à conclusão de que deveriam ser radiações, como a luz, e não partículas com carga elétrica, como os elétrons. Mais tarde, essa hipótese seria confirmada pela observação que um feixe de raios X se difrata ao atravessar um cristal. (Cap. 1, p. 25, 3º parágrafo)

Fonte: a Autora (2021)

No LD15.12 foram identificadas 3 unidades de análise (QUADRO 11)

Quadro 11 - Unidades de análise identificadas no LD15.12.

<b>Código</b>	<b>UNIDADE DE ANÁLISE</b>
LD15.12.1	Os raios X foram descobertos no final do século XIX por Wilhelm Conrad Roentgen (1845-1923). (Cap. 7, p. 190, 6º parágrafo)
LD15.12.2	Ao realizar algumas experiências, Roentgen percebeu que, mesmo quando o tubo de vácuo era coberto por um objeto opaco, os raios X podiam ser detectados. Esse fato permitiu concluir que esses raios podem atravessar certos materiais que a luz visível não atravessa. Além disso quanto menor o comprimento de onda do feixe de raios X, maior é sua capacidade de atravessar a matéria. (Cap. 7, p. 190, 6º parágrafo)

LD15.12.3	Roentgen constatou ainda que essa radiação é capaz de sensibilizar filmes fotográficos. (Cap. 7, p. 190, 6º parágrafo)
-----------	--

Fonte: a autora (2021)

No LD15.13 foram identificadas 2 unidades de análise (QUADRO 12)

Quadro 12 - Unidades de análise identificadas no LD15.13.

Código	UNIDADE DE ANÁLISE
LD15.13.1	Esse tipo de radiação foi descoberto em 1895 pelo físico alemão Wilhelm Conrad Röntgen (1845 - 1923), recebeu a denominação de raios “X” porque sua natureza era desconhecida. (Cap. 14, p. 220, 6º parágrafo)
LD15.13.2	[...] Röntgen observou que esses raios atravessam facilmente materiais de baixa densidade, como tecidos e músculos do corpo humano, e são absorvidos pelos ossos. Isso fez com que sua descoberta tivesse um rumo diferente da grande maioria das descobertas científicas que demoram um tempo considerável para encontrar aplicação. Nesse caso, a aplicação foi quase imediata, com o próprio Röntgen obtendo a imagem dos ossos de mão se uma pessoa. Estava criada a <b>radiografia!</b> (Cap. 14, p. 220, 6º parágrafo)

Fonte: a Autora (2021)

No LD15.14 foram identificadas 3 unidades de análise (QUADRO 13)

Quadro 13 - Unidades de análise identificadas no LD15.14.

Código	UNIDADE DE ANÁLISE
LD15.14.1	[...] Esse tipo de radiação eletromagnética foi descoberto acidentalmente em 8 de dezembro de 1895, pelo físico alemão Wilhelm Conrad Röntgen (1845 - 1923). Röntgen fazia estudos sobre o comportamento do ar e de outras misturas gasosas, encerradas em ampolas de vidro, quando atravessadas por correntes elétricas. O <b>tubo de raios catódicos</b> , como é conhecido esse equipamento, tinha sido inventado alguns anos antes pelo físico inglês William Crookes (1832 - 1919). Consta basicamente de um tubo de vidro

	dentro do qual um condutor metálico aquecido emite elétrons, então chamados raios catódicos, contra outro condutor. (Cap. 3, p. 146, 2º parágrafo)
LD15.14.2	Antes de Röntgen, muitos outros cientistas, realizando experimentos semelhantes, já haviam observado o surgimento de uma luminescência cuja cor variava de acordo com o gás utilizado e com a pressão a que encontravam submetidos. (Cap. 3, p. 146, 3º parágrafo)
LD15.14.3	<p>Em seu experimento, Röntgen diminuiu a pressão do gás no interior da ampola, aumentou a tensão elétrica a que o tubo estava submetido e recobriu o equipamento com uma cartolina preta. Quando o tubo foi posto em operação, ele notou que uma placa recoberta com platinocianeto de bário, esquecida próximo ao equipamento, passava a emitir uma luz fluorescente. A fluorescência persistia mesmo quando se colocava um livro e uma folha de alumínio entre o tubo e a placa. Alguma coisa era irradiada a partir do tubo, atravessava as barreiras e atingia o platinocianeto de bário. A fluorescência desaparecia quando o equipamento era desligado.</p> <p>Com mais alguns experimentos, Röntgen descobriu que a fluorescência era causada por uma radiação invisível, mais penetrante que os raios ultravioleta e que podia ionizar o ar, atravessar camadas espessas de certos materiais e impressionar filmes fotográficos.</p> <p>No dia 22 de dezembro de 1895, ele fez a radiação atravessar, durante 15 minutos, a mão de sua mulher, Bertha, atingindo do outro lado uma chapa fotográfica. Revelada a chapa, a primeira radiografia da história, podia-se ver claramente a sombra dos ossos da mão de Bertha e do anel, que ela havia esquecido de tirar.</p> <p>Por desconhecer a natureza de tal radiação, Röntgen chamou-a de <b>raios X</b>. Por essa descoberta, ele acabou por receber, em 1901, o primeiro Prêmio Nobel de Física.</p> <p>Pela primeira vez era possível visualizar o interior de corpos vivos sem que fosse necessário cortá-los, e quase imediatamente os raios X passaram a ser usados na Medicina. (Cap. 3, p. 146, 5º ao 9º parágrafo)</p>

Fonte: a Autora (2021)

### 4.2.3 Terceira etapa: Caracterização

A etapa de caracterização utilizará as categorias elaboradas por SILVA (2014), baseadas na concepção de natureza da ciência dos trabalhos de Gil Pérez et al. (2001) e Cachapuz et al. (2005).

O QUADRO 14 apresenta as categorias *a priori* (SILVA, 2016), Essas categorias são as visões deformadas da ciência, de acordo com Gil-Pérez et al. (2001) essas deformações estão presentes no ensino formal e informal são quase sempre as mesmas e reforçam uma visão ingênua do conhecimento científico, ajudando a propagar e manter uma visão, que a muito tempo é “aceita” socialmente sobre o que é ciência. Para a análise de livros didáticos de biologia, Silva (2016) elabora propostas de enfrentamento dessas concepções e às maneiras com as quais é possível enfrentar essas concepções.

Quadro 14 – Categorias a priori elaboradas para análise dos livros didáticos de biologia - PNLD 2015

<b>CATEGORIA</b>	<b>EXPLICAÇÃO DA CATEGORIA</b>	<b>ENFRENTAMENTO</b>
Ciência não influenciada por fatores externos.	Surge da visão descontextualizada, na qual o trabalho científico é apresentado fora do seu contexto histórico, filosófico, social, político, cultural, econômico de produção, no qual a tecnologia é considerada uma mera aplicação dos conhecimentos científicos.	Esta concepção pode ser enfrentada quando se considera que a ciência é influenciada por fatores externos- contexto histórico, filosófico, social, político, cultural, econômico de produção, no qual se verifica independência histórica da tecnologia em relação à ciência.
Ciência como atividade individual.	Origina-se da visão individualista e elitista, na qual a produção científica é vista como uma atividade individual, podendo incorrer numa visão estereotipada do cientista.	Esta concepção pode ser enfrentada quando se apresenta a ciência como atividade coletiva, considerando o intercâmbio de ideias entre os cientistas.
Observação neutra e em busca da descoberta científica.	Surge da visão empírico-indutivista e atórica, a qual considera a ciência isenta de interesses, em busca do “descobrimento”.	Esta concepção pode ser enfrentada quando se considera que toda observação é influenciada por uma teoria, ou seja, não existe

	<p>Enfatiza o papel “neutro” da observação e da experimentação, desconsiderando o papel essencial das hipóteses e das teorias, que orientam todo o processo.</p>	<p>neutralidade na ciência, de forma que as hipóteses atuam como orientadoras da investigação.</p>
<p>Método científico clássico.</p>	<p>Origina-se da visão rígida, que considera o método científico como uma única sequência de etapas fixas e bem definidas.</p>	<p>Esta concepção pode ser enfrentada quando se apresenta o pluralismo metodológico, considerando também o caráter intuitivo e da criatividade nas investigações científicas.</p>
<p>Conhecimento científico verdadeiro e definitivo.</p>	<p>Surge da visão aproblemática e ahistórica, na qual a ciência é apresentada como um conjunto de conhecimentos elaborados e definitivos, sem referir aos problemas que lhes deram origem, à sua evolução e às dificuldades encontradas.</p>	<p>Esta concepção pode ser enfrentada quando se apresenta a ciência dinâmica, com referência aos problemas que lhe deram origem, sua evolução, dificuldades encontradas, bem como as limitações ou possíveis perspectivas.</p>
<p>Fragmentação e/ou simplificação do conhecimento.</p>	<p>Origina-se da visão exclusivamente analítica, na qual o trabalho científico é visto de forma compartimentalizada e simplista, numa tendência à perspectiva epistemológica reducionista, na qual o todo pode ser compreendido pelo conhecimento das partes.</p>	<p>Esta concepção pode ser enfrentada quando se apresenta os processos de unificação do conhecimento em diferentes campos da ciência e a construção de corpos coerentes de conhecimento (teorias) cada vez mais amplos. Dessa forma, também se enfrenta a posição epistemológica reducionista.</p>
<p>Linearidade da ciência.</p>	<p>Surge da visão cumulativa e linear, onde o conhecimento científico é visto como fruto de um crescimento linear e cumulativo, sem considerar as crises, rupturas, continuidades e controvérsias.</p>	<p>Esta concepção pode ser enfrentada quando se apresenta o conhecimento científico como resultado de processos de questionamentos, mudanças, crises, rupturas, continuidades e controvérsias.</p>

Fonte: SILVA (2016)

A partir dessas categorias, Barbosa (2016) elaborou 7 categorias. Foi esse segundo conjunto de categorias que foram utilizadas na análise dos livros.

Quadro 15 - Categorias utilizadas para analisar as concepções sobre NdC nos livros didáticos de física

<b>Categorias referentes a visões deformadas sobre a Ciência</b>	<b>Categorias referentes ao enfrentamento/superação de visões deformadas sobre a Ciência</b>
Ciência não influenciada por fatores externos	Ciência influenciada por fatores externos
Método científico clássico	Pluralismo metodológico
Fragmentação/Simplificação do conhecimento	Unificação do conhecimento
Linearidade da ciência	Rupturas/controvérsias científicas
Ciência como atividade individual.	Ciência como atividade coletiva.
Observação neutra e em busca da descoberta científica.	Observação influenciada por uma teoria.
Conhecimento científico verdadeiro e definitivo.	Caráter histórico e dinâmico da Ciência.

Fonte: Barbosa (2016)

#### **4.2.3.1 Categorização referente as visões deformadas da ciência**

A seguir estão representadas as visões deformadas da ciência em cada livro analisado.



Quadro 16- Visão Deformada Da Ciência Identificadas No LD15.1

<b>Código</b>	<b>UNIDADES DE ANÁLISE</b>	<b>CATEGORIA DE ANÁLISE</b>
LD15.1.2B	Mas no primeiro teste para verificar a vedação luminosa do tubo, Roentgen observou um fenômeno surpreendente. A telinha deixada sobre o banco a cerca de um metro do tubo, passou a exibir um brilho tênue. Roentgen fez vários testes e concluiu que esse brilho se devia a algo que emanava da parede de vidro do tubo e atingia a telinha. Durante os testes, Roentgen descobriu uma espantosa propriedade dessa emanção. Ao colocar a mão à frente do tubo, pôde ver, com clareza, a silhueta de seus ossos. (LD 1,	Método científico clássico

Fonte: a autora (2021)

Quadro 17- Visão Deformada da Ciência Identificadas no LD15.4

<b>Código</b>	<b>Unidade de análise</b>	<b>CATEGORIA DE ANÁLISE</b>
LD15.4.1	Em 1895, o físico alemão Wilhelm Conrad Röntgen (1845- -1923), usando um tubo de vácuo, um filamento incandescente e alta voltagem, acelerou elétrons emitidos pelo filamento. Nesse dispositivo, conhecido como tubo de raios catódicos, Röntgen utilizou um princípio bem semelhante ao dos tubos de televisão.	Observação neutra e em busca da descoberta científica.
		Ciência como atividade individual

	<p>Ao atingir a tela do tubo, grande parte da energia dos elétrons era transformada em energia térmica. Havia também uma parte que se transformava em energia radiante. A radiação emitida, muito mais penetrante do que a luz, não era percebida pelo olho humano, mas podia sensibilizar uma chapa fotográfica.</p> <p>Desconhecida até então, ela foi chamada de radiação X, ou raios X. A descoberta de Röntgen, que lhe rendeu o Prêmio Nobel de Física de 1901 (primeiro Prêmio Nobel de Física), teve aplicação quase imediata na Medicina, nas radiografias (figura 8.29), permitindo o acesso a regiões nas quais nossa visão não penetra. (Cap. 8, p.175. 1º ao 3º parágrafo)</p>	
--	---	--

Fonte: a autora (2021)

Quadro 18- Visão Deformada da Ciência Identificadas no LD15.5

Código	UNIDADES DE ANÁLISE	CATEGORIA DE ANÁLISE
LD15.5.1A	Foi o físico alemão Wilhelm Conrad Roentgen (1845 -1923) <b>quem descobriu</b> e batizou os raios X, em 1895.	Observação neutra e em busca da descoberta científica.
LD15.5.2A	Isso ocorreu quando Roentgen estudava o fenômeno da luminescência num tubo de Crookes (homenagem ao físico inglês William Crookes - 1832-1919).	<p>Observação neutra e em busca da descoberta científica.</p> <p>Ciência como atividade individual</p>

LD15.5.3A	[...] Em um dos desdobramentos dessa experiência, Roentgen envolveu numa caixa de papelão negro guardou-o numa câmara escura e colocou próximo da caixa um pedaço de papel recoberto de platinocianeto de bário.	Observação neutra e em busca da descoberta científica.
		Método Científico clássico
LD15.5.4A	Ele percebeu que, além dos raios catódicos, havia a emissão de outra radiação misteriosa que velava a chapa fotográfica. Resolveu então colocar corpos opacos à luz visível entre o dispositivo e o papel fotográfico. Assim conseguiu provas de que vários materiais opacos à luz diminuía, mas não eliminavam a propagação dessa radiação.	Observação neutra e em busca da descoberta científica.

Fonte: a autora (2021)

Quadro 19- Visão deformada da ciência identificadas no LD15.6

Código	UNIDADE DE ANÁLISE	UNIDADES DE ANÁLISE
LD15.6.1A	[...].Os raios X foram descobertos em 1895 pelo físico alemão W.Röntgen. A denominação <b>raios X</b> foi usada por Röntgen porque ele desconhecia a natureza das radiações que acabava de descobrir (raios X = raios desconhecidos).	Observação neutra e em busca da descoberta científica.
		Ciência não influenciada por fatores externos
		Ciência como atividade individual.
LD15.6.2A	Röntgen <b>verificou que os raios X têm a propriedade de atravessar</b> , com certa facilidade, os materiais de baixa densidade (como os músculos de uma pessoa) e de ser mais bem absorvido por materiais de densidade mais	Observação neutra e em busca da descoberta científica
		Linearidade da Ciência

	<p>elevada (como os ossos do corpo humano). (3º parágrafo - p.251).</p> <p>Em virtude dessa propriedade, logo após a sua descoberta os raios X passaram a ser amplamente usados para se obter radiografias. O próprio Röntgen foi o primeiro a fazer uso dessas radiações com essa finalidade, conseguindo obter a radiografia dos ossos da mão de uma pessoa.</p>	
--	--	--

Fonte: a Autora (2021)

Quadro 20- Visão deformada da ciência identificadas no LD15.8

Código	UNIDADE DE ANÁLISE	CATEGORIA DE ANÁLISE
LD15.8.1A	“Wilhelm Roentgen havia <b>descoberto</b> uma radiação eletromagnética diferente e <b>resolveu</b> chamá-la de “raios - X”.	Ciência não influenciada por fatores externos
		Ciência como atividade individual.

Fonte: a autora (2021)

Quadro 21 - Visão deformada da ciência identificadas no LD15.11

Código	UNIDADE DE ANÁLISE	CATEGORIA DE ANÁLISE
LD11.1A	Nessa mesma época, com a utilização da platina e de outros metais pesados como constituintes dos eletrodos <b>observou-se a emissão de um estranho tipo de radiação invisível</b> que atravessava não apenas as paredes do próprio tubo, mas também diversos objetos e até mesmo o tecido do corpo humano, projetando imagens dos ossos em uma tela. Por seres	Observação neutra e em busca da descoberta científica
		Conhecimento científico verdadeiro e definitivo

	completamente desconhecidos e de existência inesperada, foram chamados de raios X e <b>provocaram deslumbramento em todo o mundo, sendo rapidamente utilizados na medicina e em outras atividades.</b> (2º parágrafo - p.25)	
--	--	--

Fonte: a autora(2021)

Quadro 22 - Visão Deformada da Ciência Identificadas no LD15.12

<b>Código</b>	<b>UNIDADE DE ANÁLISE</b>	<b>CATEGORIA DE ANÁLISE</b>
LD15.12.1A	Os raios X foram descobertos no final do século XIX por Wilhelm Conrad Roentgen (1845-1923).	Ciência não influenciada por fatores externos
		Ciência como atividade individual
LD15.12.2A	Ao realizar algumas experiências, Roentgen percebeu que, mesmo quando o tubo de vácuo era coberto por um objeto opaco, os raios X podiam ser detectados. Esse fato permitiu concluir que esses raios podem atravessar certos materiais que a luz visível não atravessa. Além disso, quanto menor o comprimento de onda do feixe de raios X, maior é sua capacidade de atravessar a matéria.	Observação neutra e em busca da descoberta científica.
LD15.12.3	Roentgen constatou ainda que essa radiação é capaz de sensibilizar filmes fotográficos.	Observação neutra e em busca da descoberta científica.
		Método científico clássico

Fonte: a autora (2021)

Quadro 23 -Visão deformada da ciência identificadas no LD15.13

Código	UNIDADE DE ANÁLISE	CATEGORIAS DE ANÁLISE
LD15.13.1A	Esse tipo de radiação foi <b>descoberto em 1895 pelo físico alemão Wilhelm Conrad Röntgen</b> (1845 - 1923), recebeu a denominação de raios “X” porque sua natureza era desconhecida.	Ciência como atividade individual.
		Ciência não influenciada por fatores externos
LD15.13.2A	[...] Röntgen <b>observou que esses raios atravessam facilmente materiais de baixa densidade</b> , como tecidos e músculos do corpo humano, e são absorvidos pelos ossos. Isso fez com que sua descoberta tivesse um rumo diferente da grande maioria das descobertas científicas que demoram um tempo considerável para encontrar aplicação. Nesse caso, a aplicação foi quase imediata, com o próprio Röntgen obtendo a imagem dos ossos da mão de uma pessoa. Estava criada a <b>radiografia!</b> (6º parágrafo - p.220)	Observação neutra e em busca da descoberta científica.

Fonte: a autora (2021)

#### 4.2.3.2 Categorização reverente a visão não deformada

A seguir estão representadas as visões não deformadas presentes nos livros analisados.

Quadro 24 - Visão Não Deformada da Ciência Identificadas no LD15.1

Código	Unidade de análise	Categoria de Análise
LD15.1.1A	<p>Enquanto os físicos tentavam descobrir a solução para a natureza dos raios catódicos e do espectro da radiação térmica, duas novas descobertas aumentaram o repertório de questões para quais a física não tinha resposta que já desagradavelmente grade: os <b>raios x</b> e a <b>radioatividade</b>, duas das raras descobertas acidentais da física. Por isso, têm data de descobrimento. A primeira ocorreu em 8 de novembro de 1895; a segunda, alguns meses depois, em 26 de fevereiro de 1896. Na noite da descoberta dos raios X, o físico alemão Roenteg (1845-1923) pretendia estudar a luminescência que aparecia em alguns materiais colocados do lado de fora das paredes frontais dos tubos de raios catódicos.</p>	Caráter Histórico e dinâmico da Ciência
LD15.1.2B	<p>Para isso preparou uma pequena tela recoberta por um sal de bário, que seria colocada externamente, junto a parede frontal do tubo de raios catódicos. O tubo inteiramente vedado com cartolina preta, foi colocado numa sala completamente às escuras. Se alguma</p>	Observação influenciada por uma teoria

	<p>luminosidade aparecesse na telinha Roentgen teria certeza de que era produzida pelo sal de bário.</p> <p>(...)Atônico, passou a pesquisar sozinho, secretamente, as propriedades daquelas incríveis emanações, que chamou de raios X. Roentgen logo descobriu que os raios X impressionavam chapas fotográficas, o que lhe permitiu fazer as primeiras radiografias de partes do corpo humano. Só depois de sete semanas de trabalho, no dia 28 de dezembro de 1895, ele deu a público um relato detalhado de sua descoberta, apresentando uma radiografia de sua mão. O impacto da notícia foi extraordinário.</p>	
LD15.1.3C	<p>A possibilidade de ver os ossos e órgãos internos através do corpo humano era, certamente, o sonho de todo o médico. Por isso Roentgen apresentou o primeiro relato de sua descoberta à Sociedade Físico-Médica de Würzburg, cidade universitária localizada na Baviera, Alemanha.</p> <p>A descoberta dos Raios X desencadeou uma extraordinária mobilização tanto na Física como na Medicina. Um ano depois da descoberta já havia mais de</p>	Ciência com atividade coletiva



	mil trabalhos sobre o assunto. (p.268-269)	
--	---	--

Fonte: a autora (2021)

Quadro 25- Visão Não Deformada da Ciência Identificadas no LD15.11

Código	UNIDADE DE ANÁLISE	CATEGORIA DE ANÁLISE
LD15.11.2B	Diferentemente dos raios catódicos, os raios X não eram desviados pela ação de campos elétricos ou magnéticos, <b>levando à conclusão de que deveriam ser radiações</b> , como a luz, e não partículas com carga elétrica, como os elétrons. <b>Mais tarde, essa hipótese seria confirmada pela observação que um feixe de raios X se difrata ao atravessar um cristal.</b>	Observação influenciada por uma teoria.

Fonte: a autora (2021)

Quadro 26 - Visão não deformada da ciência identificadas no LD15.14

Código	UNIDADE DE ANÁLISE	CATEGORIA DE ANÁLISE
LD15.14.1B	[...] Esse tipo de radiação eletromagnética <b>foi descoberto acidentalmente</b> em 8 de dezembro de 1895, pelo físico alemão Wilhelm Conrad Röntgen (1845 - 1923). <b>Röntgen fazia estudos sobre o comportamento do ar e de outras misturas gasosas, encerradas em ampolas de vidro, quando atravessadas por correntes elétricas.</b> O <b>tubo de raios catódicos</b> , como é conhecido esse equipamento, <b>tinha</b>	Observação influenciada por uma teoria.
		Ciência como atividade coletiva

	<p><b>sido inventado alguns anos antes pelo físico inglês William Crookes</b> (1832 - 1919). Consta basicamente de um tubo de vidro dentro do qual um condutor metálico aquecido emite elétrons, então chamados raios catódicos, contra outro condutor.</p>	
LD15.14.2B	<p>Antes de Röntgen, <b>muitos outros cientistas, realizando experimentos semelhantes, já haviam observado o surgimento de uma luminescência</b> cuja cor variava de acordo com o gás utilizado e com a pressão a que encontravam submetidos.</p>	Ciência como atividade coletiva.
LD15.14.3B	<p>Em seu experimento, Röntgen diminuiu a pressão do gás interior da ampola, aumentou a tensão elétrica a que o tubo estava submetido e recobriu o equipamento com uma cartolina preta. Quando o tubo foi posto em operação, ele notou que uma placa recoberta com platinocianeto de bário, esquecida próximo ao equipamento, passava a emitir uma luz fluorescente. A fluorescência persistia mesmo quando se colocava um livro e uma folha de alumínio entre o tubo e a placa. Alguma coisa era irradiada a partir do tubo, atravessava as barreiras e atingia o platinocianeto de bário. A fluorescência desaparecia quando o equipamento era desligado.</p>	Observação influenciada por uma teoria.

**Com mais alguns experimentos, Röntgen descobriu que a fluorescência era causada por uma radiação invisível,** mais penetrante que os raios ultravioleta e que podia ionizar o ar, atravessar camadas espessas de certos materiais e impressionar filmes fotográficos.

No dia 22 de dezembro de 1895, ele fez a radiação atravessar, durante 15 minutos, a mão de sua mulher, Bertha, atingindo do outro lado uma chapa fotográfica. Revelada a chapa, a primeira radiografia da história, podia-se ver claramente a sombra dos ossos da mão de Bertha e do anel, que ela havia esquecido de tirar.

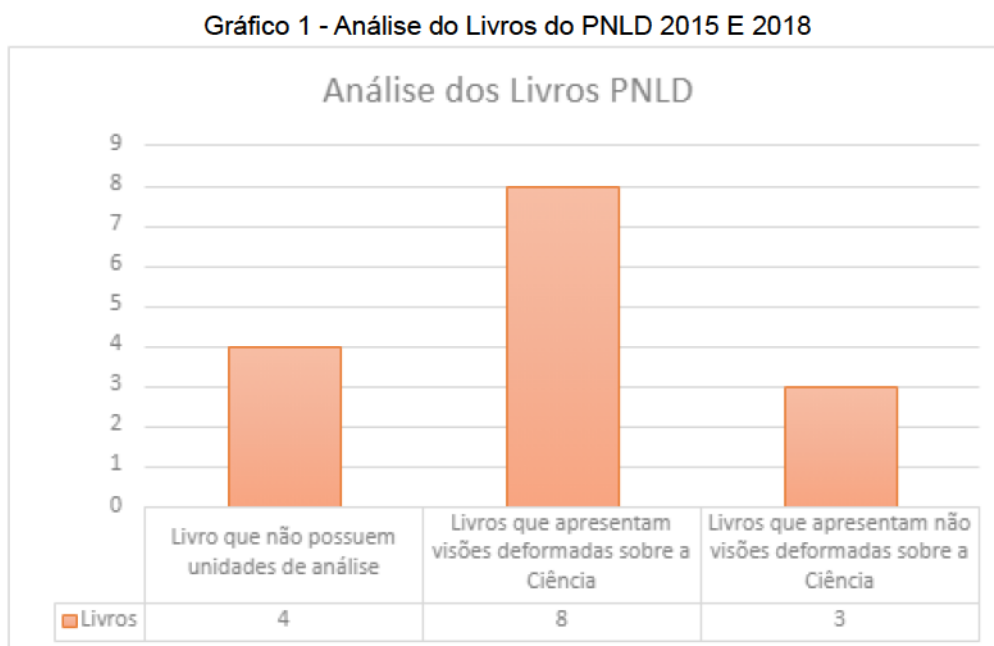
Por desconhecer a natureza de tal radiação, Röntgen chamou-a de **raios X**. Por essa descoberta, ele acabou por receber, em 1901, o primeiro Prêmio Nobel de Física.

Pela primeira vez era possível visualizar o interior de corpos vivos sem que fosse necessário cortá-los, e quase imediatamente os raios X passaram a ser usados na Medicina.

Fonte: a autora (2021)

### 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O gráfico a seguir apresenta a relação da análise das visões da NdC presentes nos livros analisados.



Fonte: a autora (2021)

A partir do gráfico é possível perceber que, no que diz respeito a Roentgen e o Descobrimento dos Raios X, a maioria dos livros, 6 livros, apresentam visões deformadas da ciência sobre o tema.

Na maioria dos livros analisados o tema: **ROENGTEN E O DESCOBRIMENTO DOS RAIOS X**, foi trabalhado dentro do estudo do *Espectro Eletromagnético*. Porém embora o contexto seja o mesmo, a maneira com que foi abordado é diferente.

A maneira como cada autor abordou o tema foi influenciada por sua própria visão sobre a importância deste tema para desenvolvimento do texto final, considerando que é impossível se trabalhar todas as descobertas da ciência, ou ainda, todos os cientista que contribuem para o desenvolvimento da mesma, em um livro didático.

Foi ainda influenciado pela maneira com os autores desenvolvem as Coleções, como por exemplo se foi dado ênfase no formalismo matemático; ou

a ênfase nos aspectos fenomenológicos e conceituais; ou ainda se foi trabalhado a partir do cotidiano do aluno.

#### 4.3.1 Sobre os livros nos quais não foram identificados nenhuma unidade de análise

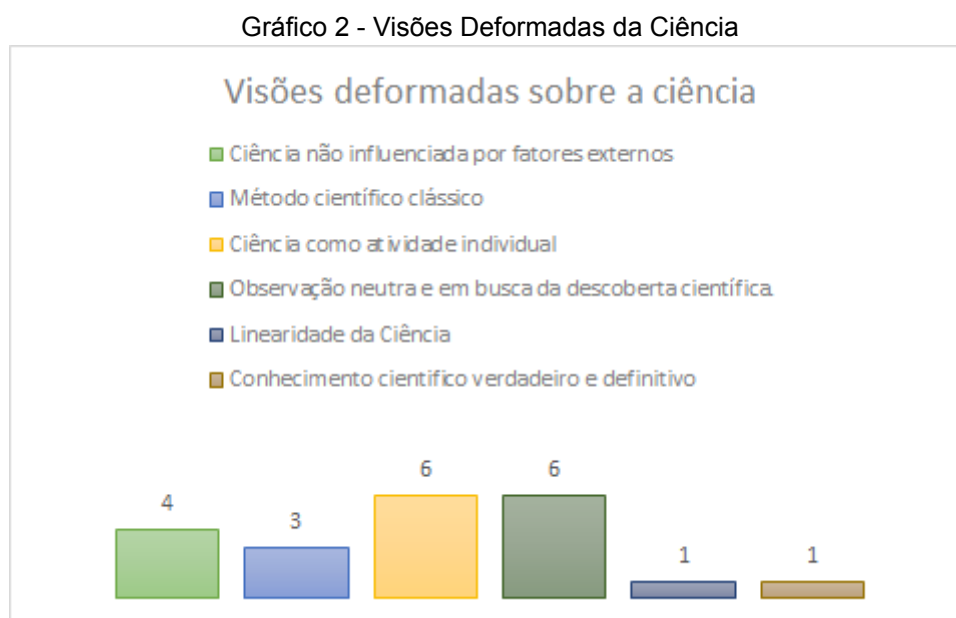
No GRÁFICO 1 temos que 4 dos livros não apresentaram nenhuma unidade de análise sendo eles: LD3 - LD7 - LD9 - LD10

Nesses livros o Raio X aparece de uma maneira breve, durante o estudo do espectro eletromagnético, apenas com uma descrição das características físicas e quantitativas e de suas aplicações.

Não há menção de Roentgen ou ainda das experiências que resultaram na descoberta dos Raios X, seja no texto principal ou em Box separados.

#### 4.3.2 Sobre os livros nos quais foram identificados Visões Deformadas na Ciência

No GRÁFICO 2 estão representadas visões deformadas da ciência.



Fonte: a autora (2021)

As visões deformadas mais presentes nos livros analisados (6) são:  
*Observação neutra e em busca da descoberta científica e Ciência com atividade individual.*

*Observação Neutra e em busca da descoberta científica.* nesses livros o cientista é descrito como alguém que apenas ao observar os fenômenos foi capaz de descobrir leis e formular teorias.

Por exemplo a unidades LD15.11.1A:

Nessa mesma época, com a utilização da platina e de outros metais pesados como constituintes dos eletrodos **observou-se a emissão de um estranho tipo de radiação invisível** que atravessava não apenas as paredes do próprio tubo, mas também diversos objetos e até mesmo o tecido do corpo humano, projetando imagens dos ossos em uma tela. Por serem completamente desconhecidos e de existência inesperada, foram chamados de raios X e **provocaram deslumbramento em todo o mundo, sendo rapidamente utilizados na medicina e em outras atividades.** (LD15.11 CAP 1 - p.25)

Os autores não citam que toda a observação foi baseada nos estudos de Roentgen sobre a emissão de raios catódicos num tubo a vácuo. Ou ainda, suas hipóteses ou diversos experimentos que fez exaustivamente até concluir que de fato havia descoberto um novo tipo de raios, e em seguida determinar algumas de suas características.

Esse trecho do texto também apresenta a visão deformada *Conhecimento científico verdadeiro e definitivo*, já que leva o leitor a compreender que desde o momento que os raios x foram descobertos eles imediatamente começaram a ser usados, como que nenhuma discussão ou ainda outras pesquisa tivessem acontecido. Como se não houvesse espaço para questionar a experiência realizada, o fenômeno em si ou ainda seus riscos.

*Ciência como atividade individual.* Nessa visão o cientista aparece com um gênio isolado, que não são influenciados por qualquer outra teoria e, que conseguiram todos os seus resultados/descobertas sozinho. Como por exemplo LD15.13.1A

Esse tipo de radiação foi **descoberto em 1895 pelo físico alemão Wilhelm Conrad Röntgen** (1845 - 1923), recebeu a denominação de raios "X" porque sua natureza era desconhecida.(LD15.14 CAP. 14 - p.220)

Não há nenhuma menção sobre o fato de outros cientistas terem realizado experiências semelhantes para a emissão de raios catódicos ou ainda que outros já haviam observado o fenômeno da luminescência.

Roentgen foi quem estudou o fenômeno mais profundamente e cabe a ele a caracterização física dos RAIOS X, porém ele não era isolado da comunidade científica como se pode erroneamente se assumir a partir da leitura do LD 15.13.1A

4 dos livros apresentaram a visão deformada *ciência não influenciada por fatores externos*. Nessa visão apenas fatos estritamente científicos são levados em consideração:

[...].Os raios X foram descobertos em 1895 pelo físico alemão W.Röntgen. A denominação **raios X** foi usada por Röntgen porque ele desconhecia a natureza das radiações que acabava de descobrir (raios X = raios desconhecidos). (LD15.6 CAP 8, p.251)

Neste trecho os autores não citam nenhuma influência externa, seja social, religiosa, política ou pessoal, que levou a Roentgen começar os experimentos que culminaram na descoberta dos raios x. Esses fatores podem não ser determinantes para o experimento científico, mas, a falta da citação de alguma influência externa, pode levar o leitor a entender que o cientista vive dentro de um torre isolado e sem qualquer contato com mundo que o rodeia.

3 dos livros apresentam a visão deformada do *Método científico clássico*. Nessa a ciência aparece com um conjunto de etapas pré organizadas, No LD15.5,

Ele percebeu que, além dos raios catódicos, havia a emissão de outra radiação misteriosa que velava a chapa fotográfica. Resolveu então colocar corpos opacos à luz visível entre o dispositivo e o papel fotográfico. Assim conseguiu provas de que vários materiais opacos à luz diminuíam, mas não eliminavam a propagação dessa radiação. (Cap. 15, p. 261)

Observa-se que ao realizar a leitura desse trecho, o leitor pode ter a impressão de que Roentgen já teria uma sequência de etapas determinadas, como se suas ações de colocar corpos opacos à luz já tivesse como objetivo

de provar que esse material não eliminaram completamente a propagação da radiação.

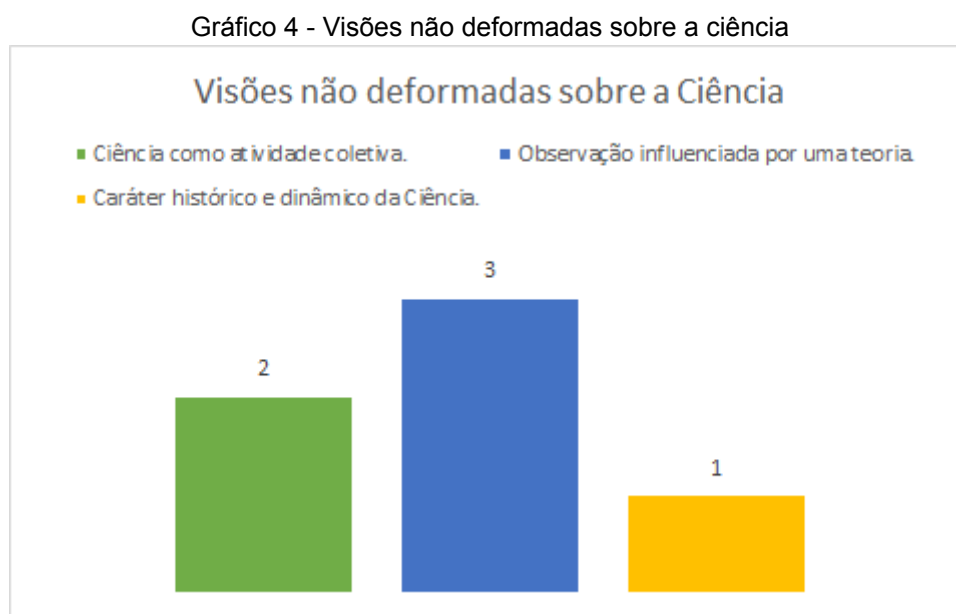
Quando a visão deformada da Linearidade *da Ciência*, apenas um livro apresenta essa visão, o LD15.6 (p. 251): “Em virtude dessa propriedade, logo após a sua descoberta os raios X passaram a ser amplamente usados para se obter radiografias”. Nesse trecho do texto afirma-se que logo após a descoberta dos raios X, eles imediatamente começaram a ser utilizados, o que não é verdade.

É verdade que os Raios X e as radiografias tiveram um grande impacto na comunidade médica, mas, muitos outros estudos foram feitos, novos equipamentos foram desenvolvidos. E esse processo não ocorreu de maneira linear.



### 4.3.3 Sobre os livros nos quais foram identificados Visões Não Deformadas na Ciência

No GRÁFICO 4 estão representadas as visões não deformadas da ciência presentes nos livros.



Fonte: a autora (2021)

A visão não deformada sobre a ciência que mais aparece nos livros analisados (3 livros) é a *observação influenciada por uma teoria*. Nessa visão a observação é sempre influenciada por uma teoria. Por exemplo no livro LD15.14,

Röntgen fazia estudos sobre o comportamento do ar e de outras misturas gasosas, encerradas em ampolas de vidro, quando atravessadas por correntes elétricas. O tubo de raios catódicos, como é conhecido esse equipamento, tinha sido inventado alguns anos antes pelo físico inglês William Crookes (1832 - 1919). Consta basicamente de um tubo de vidro dentro do qual um condutor metálico aquecido emite elétrons, então chamados raios catódicos, contra outro condutor (LD15.14 CAP 3, p.146)

Neste trecho os autores mostram como as experiências de Roentgen foram influenciadas pelos estudos dos raios catódicos num tubo a vácuo. Experimentos haviam sido estudados por diversos cientistas da época como o físico inglês Crookes.

2 livros apresentaram a visão não deformada da *ciência como uma atividade coletiva*. Nessa visão busca-se mostrar o aspecto coletivo na construção da ciência. Existem mentes brilhantes, que muito contribuem para o desenvolvimento do conhecimento científico. Mas antes de tudo a ciência só se encontra em seu estado atual por causa da existência da comunidade científica. Diversos anônimos contribuíram, mesmo que só um pouco, para o desenvolvimento do conhecimento científico.

Como o seguinte trecho:

“Antes de Röntgen, muitos outros cientistas, realizando experimentos semelhantes, já haviam observado o surgimento de uma luminescência cuja cor variava de acordo com o gás utilizado e com a pressão a que encontravam submetidos. (LD15.14 CAP 3, p. 146)”

1 o livro analisado apresentou a visão não deformada do *caráter histórico e dinâmico da ciência*.

Nessa visão está presente o caráter mutável da ciência, onde nenhum paradigma irá durar para sempre, assim como ainda existem fenômenos da natureza que não são conhecidos. Como no trecho:

Enquanto os físicos tentavam descobrir a solução para a natureza dos raios catódicos e do espectro da radiação térmica, duas novas descobertas aumentaram o repertório de questões para quais a física não tinha resposta que já desagradavelmente grade: os **raios x** e a **radioatividade**, duas das raras descobertas acidentais da física. Por isso, têm data de descobrimento. A primeira ocorreu em 8 de novembro de 1895; a segunda, alguns meses depois, em 26 de fevereiro de 1896. (LD15.1.1A CAP 13, p.268)

Aqui os autores mostram como na época, a comunidade científica ainda está tentando compreender a natureza dos raios catódicos e do espectro da radiação térmica, quando a partir das experiências realizadas para estudar esses fenômenos foram realizadas duas novas descobertas. E ainda destacam que a física não possui respostas para todas as questões.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo analisar a natureza da ciência e a história da ciência presente nos livros didáticos de física do PNLD 2015/2018, por meio da análise da história de Roentgen e o descobrimento dos Raios X. A análise buscou compreender quais são as visões de ciência presentes nos livros didáticos. Se os livros apresentam uma visão não deformada da ciência, colaborando para uma aprendizagem construtiva da ciência ou se apresentam uma visão deformada da ciência, colaborando para a proliferação de mitos e redundâncias na aprendizagem científica.

Os livros didáticos foram escolhidos para essa análise uma vez que estão presentes na maioria das escolas no Brasil e, passam por um processo de análise, no qual a abordagem da HFC é um dos critérios avaliativos.

Roentgen e o “descobrimento” do Raio X foram escolhidos, entre outros episódios, do desenvolvimento da ciência, dado o impacto que se teve na época, tanto em diversas áreas do conhecimento assim como na vida de Roentgen. Sendo também uma das poucas e raras descobertas acidentais<sup>5\*</sup> da ciência.

Essa análise foi realizada a partir de um recorte no grande repertório de descobertas e cientistas, esse recorte foi realizado com o objetivo de se focar em apenas um episódio do desenvolvimento científico, para aumentar a compreensão do tema analisado.

De uma maneira geral para o tema dos Raios X, percebe-se a necessidade de uma maior discussão sobre a natureza da ciência ou ainda como abordar a HFC sem correr o risco de se propagar visões deformadas da ciência.

Dada a grande quantidade de informações presentes nos livros ou ainda o imenso repertório de conhecimento da física, não se espera que todos os episódios tenham sua origem estudada profundamente. Cabe a cada autor selecionar os episódios que ele considera mais relevantes para o contexto do livro. Porém é importante e preferível que esses, ao se trabalhar esses episódios, a HFC e NdC presentes não contribuam para a perpetuação de

---

<sup>5</sup> Por acidental, sendo uma descoberta na qual se desconhecia até então a existência deste raio, e ainda, a experiência não foi desenvolvida buscando "encontrar" ou “descobrir”.

visões distorcidas e ingênuas da ciência. Dessa forma pouca informação histórica, mas com qualidade e melhor que muita informação histórica, mas com informações que não contribuem para uma melhor compreensão da NdC.

Os professores não devem ser especialistas em HFC, mas devem ter um conhecimento profundo o bastante para saber escolher o material histórico que não transmita aos seus alunos informações que possam levar a redundâncias ou ainda fragmentadas sobre o que é a ciência e como ela se desenvolveu.

É necessário que nos cursos de formação de professores a HFC e a NdC sejam discutidas e trabalhadas de forma a proporcionar ao professor uma compreensão suficiente para conseguir avaliar e selecionar materiais (livros, artigos ou revistas) adequações para o ensino de ciências.

A NdC não é algo simples de se compreender, e tão pouco pode ser ensinada em um curto período de tempo. Mas sua contribuição para a aprendizagem não pode ser desconsiderada. Afinal uma boa compreensão da NdC permite aos alunos que tenham um melhor entendimento sobre a prática científica, e ainda qual o lugar do desenvolvimento científico e o impacto no mundo que os rodeia. Proporcionando ao estudante conhecimento necessário para desenvolver uma visão crítica sobre a ciência e seu papel na sociedade.

## 6. REFERÊNCIAS

ARTUSO, Alysson Ramos; WRUBLEWSKI, Marlon. **Física**. 1. ed. Curitiba: Positivo, 2013. 3 v.

ASSIS, Kleyson Rosário. História e filosofia da ciência no ensino de ciências e o debate Universalismo versus relativismo. **Revista Brasileira de História da Ciência**. Rio de Janeiro, vol. 7, no. 2, 2014. p. 149-166.

BARRA, Eduardo Salles O. A realidade do mundo da ciência: um desafio para a história, a filosofia e a educação científica. **Ciência & Educação**, Bauru, vol.5, no.1,1998 p.15-26. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-7313199800010003&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-7313199800010003&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 10 abr. 2017.

BARBOSA, Flávio Tajima. **O ESTADO DO CONHECIMENTO DAS PESQUISAS SOBRE HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA EM PERIÓDICOS DA ÁREA DE ENSINO DE CIÊNCIAS: UM OLHAR PARA A EDUCAÇÃO EM QUÍMICA**. 2016. 235 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós- Graduação em Educação em Ciências e em Matemática, Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016. Disponível em: <[http://www.exatas.ufpr.br/portal/ppgecm/wp-content/uploads/sites/27/2017/01/087\\_FlavioTajima.pdf](http://www.exatas.ufpr.br/portal/ppgecm/wp-content/uploads/sites/27/2017/01/087_FlavioTajima.pdf)>. Acesso em: 10 abr. 2017.

BELTRAN, Maria Helena Roxo; SAITO, Fumikazu; TRINDADE, Lais dos Santos Pinto. **HISTÓRIA DA CIÊNCIA PARA FORMAÇÃO DE PROFESSORES**. São Paulo: Livraria da Física, 2014. 128 p.

BEZERRA, Evaldo Victor Lima. **Análise de propostas didáticas de história e filosofia da Ciência para o ensino de física**. 2014. 224 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e em Matemática). Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014. Disponível em :< [http://www.exatas.ufpr.br/portal/ppgecm/wp-content/uploads/sites/27/2016/03/040\\_EvaldoVictorLimaBezerra.pdf](http://www.exatas.ufpr.br/portal/ppgecm/wp-content/uploads/sites/27/2016/03/040_EvaldoVictorLimaBezerra.pdf)>. Acesso: 10 fev 2018.

BONJORNIO; CLINTON; CASEMIRO, Eduardo Prado; BONJORNIO, Regina de F. S. A.; BONJORNIO, Valter. **FÍSICA**. 2. ed. São Paulo: Editora Ftd, 2013. 3 v. BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Orientações curriculares para o ensino médio**. v. 2. Brasília: MEC, 2006.

BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília: MEC, 2000.

BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Diretrizes Curriculares Nacionais**. Brasília: MEC, 2013.

BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Base Nacional Comum Curriculares**. Brasília: MEC, 2018.

BRASIL. Ministério da Educação, Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. **Edital de convocação para o processo de inscrição e avaliação de obras didáticas para o programa nacional do livro didático pnld 2018**. Brasília: MEC, 2016.

BRASIL. Ministério da Educação, Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. **Guia do livro didático 2015**. Disponível em :<<https://www.fnde.gov.br/index.php/programas/programas-do-livro/pnld/guia-do-livro-didatico/item/5940-guia-pnld-2015>>. Acesso em 03 abr 2018.

BRASIL. Ministério da Educação, Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. **Guia do livro didático 2018**. Disponível em :<<https://www.fnde.gov.br/index.php/programas/programas-do-livro/pnld/guia-do-livro-didatico/item/11148-guia-pnld-2018>>. Acesso em 01 nov 2019.

DOCA, Ricardo Helou; BÔAS, Newton Villas; BISCUOLA, Gualter José. **FÍSICA**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2013. 3 v.

DUARTE, Maria da Conceição. A História Da Ciência Na Prática De Professores Portugueses: Implicações Para A Formação De Professores De Ciências. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 3, p. 317-331, 2004. Disponível em:<<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v10n3/02.pdf>>. Acesso: 20 maio 2018.

FORATO, Thaís; GUERRA, Andreia; BRAGA, Marco. Historiadores das ciências e educadores: frutíferas parcerias para um ensino de ciências reflexivo e crítico. **Revista Brasileira de História da Ciência**. Rio de Janeiro, vol. 7, no. 2, 2014. p. 137-141.

FUKE, Luiz Felipe; YAMAMOTO, Kazuhito. **FÍSICA PARA O ENSINO MÉDIO**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2013. 3 v.

GASPAR, Alberto. **COMPREENDENDO A FÍSICA**. 2. ed. São Paulo: Editora Ática, 2013. 3 v.

GIL, Antonio Carlos. **COMO ELABORAR PROJETOS DE PESQUISA**. São Paulo: Atlas S.A. ed.4, 2002. 175 p.

GIL-PÉREZ, Daniel. et al. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

GONÇALVES FILHO, Aurélio; TOSCANO, Carlos. **FÍSICA INTERAÇÃO E TECNOLOGIA**. São Paulo: Editora Leya, 2013.

HAMANN, João H. Mundo da Radiologia. **Tubo de Crookes utilizado por Roentgen**. Disponível em <<http://jhamannmundodaradiologia.blogspot.com/2014/10/rontgen-e-suas-observacoes-em-relacao.html>>. Acesso em: 20 maio 2021.

KUHN, Thomas S. **A Estrutura das Revoluções Científicas**. Editora Perspectivas, 5º edição. São Paulo. 1998

KANTOR, Carlos Aparecido; PAOLIELLO JUNIOR, Lilio Alonso; MENEZES, Luís Carlos de; BONETTI, Marcelo de Carvalho; CANATO JUNIOR, Osvaldo; ALVES, Viviane Moraes. **QUANTA FÍSICA**. 2. ed. São Paulo: Pearson, 2013. 3 v.

MARTINI, Gloria; SPINELLI, Walter; REIS, Hugo Carneiro; SANT'ANNA, ; Blaidi. **CONEXÕES COM A FÍSICA**. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2013. 3 v.

MARTINS, André Ferrer Pinto. História e Filosofia da Ciência no ensino: Há muitas pedras nesse caminho... **Caderno Brasileiro de Ensino em Física**, Florianópolis, v. 1, n. 24, p.112-131, abr. 2007. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6056>>. Acesso em: 10 abr. 2017.

MARTINS, Mauro Sebastião. **HISTÓRIA DAS PARTÍCULAS: DE ELÉTRONS AOS QUARKS**. 2008. 208 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós- Graduação História da Ciência, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. <<https://tede2.pucsp.br/handle/handle/13384>>. Acesso em: 10 abr. 2020.

MARTINS, Roberto de Andrade. Introdução. A história das ciências e seus usos na educação. in: SILVA, Cibelle Celestino. **Estudos de História e Filosofia das Ciências: subsídios para a aplicação no ensino**. São Paulo: Livraria da Física, 2006. 381 p.

MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.12, n. 3, p. 164-214, dez. 1995. Disponível em:<<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7084/6555>>. Acesso em 10 abr. 2017.

MÁXIMO, Antônio; ALVARENGA, Beatriz. **FÍSICA CONTEXTO E APLICAÇÕES**. São Paulo: Editora Scipione, 2013. 3 v.

**Michaelis**, Moderno dicionário da língua portuguesa. São Paulo: Melhoramentos 2020. Disponível em <<https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/revolu%C3%A7%C3%A3o/>>. Acesso em: 20 nov 2020

MORAES, Roque; GALIAZZI, Maria do Carmo. **Análise Textual Discursiva**. Ijuí: Editora Unijuí. 2016. 3ª edição. 264 p.

MOURA, Breno Arsioli. O que é natureza da Ciência e qual sua relação com a História e Filosofia da Ciência? **Revista Brasileira de História da Ciência**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 1, p.32-46, jun. 2014.

NAVARRO, Marcus Vinícius Teixeira. Introdução. In: Risco, radiodiagnóstico e vigilância sanitária. *Ciência & Saúde Coletiva*. Rio de Janeiro. v. 15. supl. 3, 2009, p. 19-23. Disponível em : <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-8123201000090022](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-8123201000090022)>. Acesso em: 15 mar. 2019

NETTO, Matheus Furtado da Silva .**O efeito fotoelétrico e a natureza da luz através de um enfoque histórico-filosófico: uma proposta.** 2015. 146 f. Dissertação (Mestrado) -Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em <[http://dippg.cefet-rj.br/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_details&gid=1586&Itemid=23](http://dippg.cefet-rj.br/index.php?option=com_docman&task=doc_details&gid=1586&Itemid=23)>. Acesso em: 10 jul. 2017.

PIETROCOLA, Maurício; POGIBIN, Alexander; ANDRADE, Renata de; ROMERO, Talita Raquel. **Física: conceitos e contextos: pessoal, social, histórico.** São Paulo: Editora FTD, 2013. 3 v.

PIQUEIRA, José Roberto Castilho; CARRON, Wilson; GUIMARÃES, José Osvaldo de Souza. **Física.** São Paulo: Editora Ática, 2013. 3 v.

QUINTAL, J. R.; GUERRA, A. “**A Importância da história da ciência no aprendizado de física**”. Física na Escola, v. 10, n. 1, pp.21-25, 2009. Disponível em:<<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol10/Num1/a04.pdf>>. Acesso em: 17 fev. 2018.

SANTOS, Itazil Benício dos. Wilhelm Conrad Roentgen: A história do descobridor dos Raios X no Centenário do Grande Descobrimento. São Paulo. CLR Balieiro Editores Ltda. 1995.113 p.

STEFANOVITS, Angelo. **SER PROTAGONISTA FÍSICA.** 2. ed. São Paulo: SM, 2013. 3 v.

SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia Do Trabalho Científico.** São Paulo: Cortez, ed.23, 2007. 304 p.

SILVA, Cibelle Celestino; PAGLIARINI, Cassiano de Rezende. A NATUREZA DA CIÊNCIA EM LIVROS DIDÁTICOS DE FÍSICA. In: Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 10, 2008, Curitiba. **Anais Eletrônicos.** Disponível em:<<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epef/xi/sys/resumos/T0158-1.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2017.

SILVA, Elda Cristina Carneiro da. **A teoria celular em livros didáticos de biologia: uma análise a partir da abordagem histórico-filosófica da Ciência.** 2014. 292 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e em Matemática) – Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

SOARES, Joana Menera Souza. **Análise da História do efeito fotoelétrico em livros didáticos de física para graduação.** 2016. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ensino de Ciências e Educação Matemática, Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2016. Disponível em: <[http://tede.bc.uepb.edu.br/jspui/bitstream/tede/2623/2/PDF - Joana Menera Souza Soares.pdf](http://tede.bc.uepb.edu.br/jspui/bitstream/tede/2623/2/PDF%20-%20Joana%20Menera%20Soares.pdf)>. Acesso em: 30 abr. 2018.



TORRES, Carlos Magno A.; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antonio de Toledo; PENTEADO, Paulo Cesar Martins. **FÍSICA CIÊNCIA E TECNOLOGIA**. 3. ed. São Paulo: Moderna, 2013. 3 v.

XAVIER, Claudio; BARRETO, Benigno. **FÍSICA AULA POR AULA**. 2. ed. São Paulo: Editora Ftd, 2013. 3 v.

WIKIPÉDIA. **Wilhelm Conrad Röntgen**. Disponível em <[https://pt.wikipedia.org/wiki/Wilhelm\\_Conrad\\_R%C3%B6ntgen](https://pt.wikipedia.org/wiki/Wilhelm_Conrad_R%C3%B6ntgen)>. Acesso em 20 maio 2021