

Trabalho de Conclusão de Curso

Curso de Graduação em Física

ENSINO DE FÍSICA E FORMAÇÃO DE PROFESSORES:  
PERSPECTIVAS DE DOCENTES SOBRE O USO DE EXPERIMENTOS  
DIDÁTICOS

Giovani Luis Correr

Prof. Dr. Eugenio Maria de França Ramos.

Rio Claro (SP)

2020

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
Instituto de Geociências e Ciências Exatas  
Campus de Rio Claro

GIOVANI LUIS CORRER

ENSINO DE FÍSICA E FORMAÇÃO DE PROFESSORES:  
PERSPECTIVAS DE DOCENTES SOBRE O USO DE  
EXPERIMENTOS DIDÁTICOS

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Instituto de Geociências e  
Ciências Exatas - Campus de Rio Claro, da  
Universidade Estadual Paulista Júlio de  
Mesquita Filho, para obtenção do grau de  
Licenciado em Física.

Rio Claro - SP

2020

C824e

Correr, Giovani Luis

Ensino de Física e formação de professores: Perspectivas de docentes sobre o uso de experimentos didáticos / Giovani Luis Correr.

-- Rio Claro, 2021

74 p. : tabs., fotos

Trabalho de conclusão de curso (Licenciatura - Física) -  
Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Geociências e  
Ciências Exatas, Rio Claro

Orientador: Eugenio Maria de França Ramos

1. Formação de Professores. 2. Experimentos Didáticos. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

GIOVANI LUIS CORRER

ENSINO DE FÍSICA E FORMAÇÃO DE PROFESSORES:  
PERSPECTIVAS DE DOCENTES SOBRE O USO DE  
EXPERIMENTOS DIDÁTICOS

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Instituto de Geociências e  
Ciências Exatas - Campus de Rio Claro, da  
Universidade Estadual Paulista Júlio de  
Mesquita Filho, para obtenção do grau de  
Licenciado em Física.

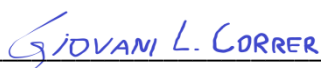
Comissão Examinadora

Prof. Dr. Eugenio Maria de França Ramos (Orientador)

Profª Drª Bernadete Benetti

Profª Drª Tassiana Fernanda Genzini de Carvalho

Rio Claro, 01 de março de 2021.

GIOVANI L. CORRER

Assinatura do aluno



Assinatura do orientador

## RESUMO

Nesta pesquisa analisamos de um ponto de vista exploratório e qualitativo as perspectivas sobre a experiência pessoal e de formação de docentes *Professores Experimentadores*, qual sejam, docentes que atuando no ensino desenvolvem trabalhos didáticos com experimentos, particularmente por sua capacidade de superar dificuldades na inserção deste tipo de material em sua prática educativa. É discutida a experimentação de uma perspectiva científica e didática. Parte do trabalho foi dedicado a buscar maneiras inovadoras para melhorar o processo de transcrição e análise dos áudios das entrevistas, com o uso do Software *Web Captioner*, para agilizar o tempo de transcrição, e o *Voyant Tools*, para a análise textual. Tais aprimoramentos permitiram obter uma análise mais detalhada das entrevistas realizadas, identificando a discussão dos professores entrevistados sobre o trabalho com experimentos didáticos em áreas de Física como a Física Nuclear, foco de nossa discussão. A identificação de aspectos da atuação e formação dos professores experimentadores desvelam a importância das atividades de formação inicial de professores

**Palavras-Chave:** Formação de Professores, Experimentos Didáticos.

## **ABSTRACT**

In this research we analyze from an exploratory and qualitative point of view the perspectives on the personal and training experience of *Experimenting Teachers*, that is, teachers who work in teaching develop didactic works with experiments, particularly for their ability to overcome difficulties in the insertion of this type material in their educational practice. Experimentation from a scientific and didactic perspective is discussed. Part of the work was dedicated to looking for innovative ways to improve the process of transcribing and analyzing the audios of the interviews, using the Software Web Captioner, to speed up the transcription time, and Voyant Tools, for textual analysis. Such improvements made it possible to obtain a more detailed analysis of the interviews carried out, identifying the discussion of the interviewed teachers about working with didactic experiments in areas of Physics such as Nuclear Physics, the focus of our discussion. The identification of aspects of the performance and training of experimenting teachers reveals the importance of activities for initial teacher training.

**Key-Words:** Teacher Training, Didactic Experiments.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>PERCURSO METODOLÓGICO DE PESQUISA.....</b>	<b>9</b>
	<i>3.1 A transcrição com auxílio do aplicativo Web Captioner .....</i>	<i>11</i>
	<i>3.2 Os Softwares Utilizados.....</i>	<i>13</i>
	<i>3.2.1 Web Captioner .....</i>	<i>13</i>
	<i>3.2.2 Voyant Tools.....</i>	<i>17</i>
<b>4</b>	<b>O PAPEL DO EXPERIMENTO PARA O CIENTISTA E PARA O PROFESSOR.....</b>	<b>21</b>
<b>5</b>	<b>Analisando alguns conteúdos por área da Física .....</b>	<b>27</b>
<b>6</b>	<b>Os Professores Experimentadores e o limite da segurança e da formação .....</b>	<b>29</b>
	<i>6.1 Uma demonstração inusual: a câmara de nuvens .....</i>	<i>30</i>
	<i>6.2 A câmara de nuvens e o que se observa do ponto de vista da física.....</i>	<i>34</i>
<b>7</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>43</b>
<b>8</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>46</b>
<b>9</b>	<b>APÊNDICE A Transcrição entrevista com o professor A .....</b>	<b>48</b>
<b>10</b>	<b>APÊNDICE B Transcrição da entrevista com o professor B ...</b>	<b>58</b>
<b>11</b>	<b>APÊNDICE C Transcrição da entrevista com o professor C ..</b>	<b>65</b>
<b>12</b>	<b>APÊNDICE D Transcrição da entrevista com o professor D .</b>	<b>71</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Ao longo do estágio de docência da disciplina de Prática de Ensino I no curso de Física, ministrando as aulas para crianças do 1° ao 5° ano do Ensino Fundamental, é nítido o efeito envolvente que o experimento em sala de aula têm sobre os alunos. Nessa faixa de idade, principalmente nos anos iniciais, as crianças têm pouco acesso conteúdos de Física, mas, mesmo assim, quando é introduzido um experimento em sala de aula é perceptível como ele desperta a curiosidade dos estudantes; curiosidade essa que é sentida no momento que você entra com algo diferente do habitual em mãos.

Apesar de ser reconhecida a importância do uso de experimentos nas atividades didáticas por pesquisadores e educadores, particularmente na área de Ensino de Física, podemos notar que o uso deste instrumento de ensino em sala de aula é raro.

Em contraposição, a aula expositiva é um recurso amplamente utilizado exigindo apenas do docente o conhecimento sobre o assunto, a oratória e a habilidade para escrever em lousa. Aulas expositivas por si só não são ruins, o problema acaba sendo o excesso desse tipo de aula, o que torna atividades experimentais didáticas mais atrativas.

A aula expositiva demanda muito menos dificuldades como as que o professor enfrenta ao utilizar o experimento como recurso didático em aula como aponta Braga (2016):

- Necessidade de domínio específico do conteúdo em detalhes do experimento;
- Necessidade de estar disponível a aprender novas ideias que surgem com eventuais ajustes dos experimentos e com o questionamento por parte dos alunos;
- Necessidade de adaptar o experimento mediante a faixa etária dos alunos;
- Necessidade de obter e organizar o material, caso ele não esteja disponível na escola.

Dentre diversas barreiras enfrentadas por professores ao utilizar experimentos podemos considerar outros aspectos, como o fato de as escolas de

Ensino Básico quase sempre não terem disponibilidade de laboratórios didáticos ou não haver a possibilidade de um técnico de apoio.

Pode-se notar que aulas experimentais impõem dificuldades adicionais aos professores e nem sempre estão dispostos a enfrentá-las, tornando aulas expositivas e teóricas uma opção mais fácil.

Entretanto, mesmo diante de tais contratempos - falta de laboratórios didáticos, recursos, tempo, entre outros -, há professores que insistem em fazer uso do experimento mesmo com as adversidades como as citadas, eles superam obstáculos como a falta de um lugar adequado para as aulas experimentais ou até mesmo a necessidade de arcar com os custos pessoalmente, continuando a levar e aprimorar experimentos para serem utilizados na sala de aula.

Estes professores optam por sair da “zona de conforto” da aula tradicional, o modelo de aula expositiva e teórica que estamos acostumados a ver em Física.

Tomando por base o trabalho de Braga (2016), podemos chamaremos estes docentes de “professores experimentadores”.

São tais *professores experimentadores* que demonstram uma preferência no uso de experimentos didáticos em sala de aula e serão o foco de interesse deste trabalho de pesquisa.

## 2 OBJETIVOS

Estes foram os objetivos que selecionamos ao iniciar nossa pesquisa. Devido à Pandemia do COVID-19, algumas alterações no percurso do projeto de pesquisa foram feitas para se adaptar as limitações enfrentadas.

- 1) Usar softwares de livre acesso para implementar a transcrição e análise das entrevistas.
- 2) Analisar as perspectivas de professores experimentadores quanto a sua formação e prática profissional, caracterizando o uso do experimento em atividades de ensino.
  - a) Caracterizar em que a formação de professores pode ter sido decisiva para a utilização de experimentos em sala de aula na prática profissional docente.
- 3) Aprofundar tópicos conceituais de Física relacionados alguns dos conteúdos mais relevantes dos depoimentos.

### 3 PERCURSO METODOLÓGICO DE PESQUISA

Baseando-se nas ideias de Gonsalves (2007), este trabalho pode ser caracterizado como uma pesquisa de cunho qualitativo, tendo a intenção de estudar de maneira exploratória a perspectiva sobre a experiência pessoal de formação e de prática docente de professores de física.

O instrumento de coleta de dados utilizado foi o de entrevista com roteiro semiestruturado. No caso das entrevistas foi utilizado o registro de gravação feito por Braga (2016), para posterior transcrição e sistematização. Esses procedimentos foram feitos com o consentimento prévio dos entrevistados<sup>1</sup>.

Os entrevistados terão seus nomes preservados, com a utilização de códigos sem qualquer relação com seus nomes ou locais de trabalho em atendimento a um Termo de Consentimento Livre e Esclarecimento, em que há o comprometimento em respeitar o sigilo a identidade e a relação ética na pesquisa com seres humanos.

Nesta pesquisa aprofundaremos a análise dos relatos orais captados nas entrevistas obtidas por Braga (2016)<sup>2</sup>.

Ao recorrer aos relatos orais não se espera apenas coletar as opiniões dos *professores experimentadores* sobre detalhes dos equipamentos ou dados cronológicos, mas sua perspectiva sobre o papel do experimento no Ensino de Física, em sua formação pessoal e ação profissional, como salientado por Benetti (2004) sobre a utilização de relatos orais

Mesmo quando se utiliza um roteiro semiestruturado, os depoimentos extrapolam a mera descrição do trabalho realizado, colocando também as suas emoções, os momentos de dúvidas e o significado dessa experiência. Assim ao narrar sobre sua experiência, o sujeito reorganiza fatos numa perspectiva pessoal. É o momento em que rememora fatos ocorridos, não

---

<sup>1</sup> As entrevistas foram feitas após a aprovação pelo Comitê de Ética em pesquisa com seres humanos (CEP IB UNESP) e atendidas as recomendações da legislação pertinente.

<sup>2</sup> Em parte essa decisão deveu-se às restrições impostas pela pandemia da COVID-19 em 2020 que nos limitou na realização de novas entrevistas presenciais

necessariamente respeitando sua cronologia, mas sua importância segundo um particular ponto de vista. (BENETTI, 2004, p. 72)

Brioschi e Trigo ponderam que ao ouvir os professores narrarem sobre sua experiência teremos uma visão subjetiva, sua interpretação dos fatos, pois

O material obtido será o fato ou o acontecimento em sua apresentação subjetiva, os eventos vistos sob o prisma e o crivo perceptivo do narrador. E, assim, definitivamente vinculado a ele – indivíduo e sujeito social. (BRIOSCHI e TRIGO, 1987, p. 47)

#### Depoimentos e relatos refletem possibilidades

... associada à história da pessoa, seus valores e sua imaginação. Analisando as opiniões das pessoas, coletamos símbolos ricos ou significados parcialmente desvelados a nós e até mesmo à própria pessoa. Tais significados são elementos latentes - crenças, hábitos, valores - que formam mais do que o 'pano de fundo' da personalidade... (RAMOS, 1997, p. 11)

Ao analisar tais depoimentos, há a possibilidade de se debruçar de maneira exploratória sobre elementos de valorização de uma metodologia de ensino e aspectos sobre a formação e a prática docente.

Limitados pelas nossas restrições ante a Pandemia concentramo-nos no aprimoramento do tratamento das gravações. No estudo atual foi possível explorar a utilização softwares de transcrição para obter uma transcrição “bruta” diretamente do áudio, diferente do estudo de Braga, cujas transcrições foram parciais e de alguns fragmentos.

O software utilizado nas transcrições foi um aplicativo online disponível no website *Web Captioner*, (<https://webcaptioner.com/>) usados especificamente para transcrição de áudios. A decisão de escolher este software foi, primeiramente, porque é de livre acesso a todos e, segundo, para obter uma transcrição “bruta” melhor e economizar tempo nas transcrições de áudios e entrevistas.

A transcrição “bruta” feita exige uma lapidação, para melhorar e adaptar a transcrição. Assim, ouve-se novamente a gravação de forma a corrigir a transcrição bruta com base em novo estudo dos áudios, de forma a obter melhores resultados da transcrição final.

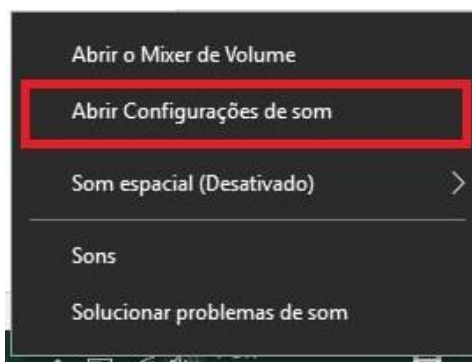
Optamos também por utilizar, na análise do texto, um software chamado *Voyant Tools* (<https://voyant-tools.org/>), ao qual será descrito mais a frente com detalhes.

### 3.1 A transcrição com auxílio do aplicativo Web Captioner

Para a utilização do Web Captioner primeiro há a necessidade de fazer uma configuração no computador para ele captar o áudio reproduzido no próprio computador.

No ícone de som do computador, clicando com o botão direito seleciona-se a opção **Abrir configurações de som** (figura 1).

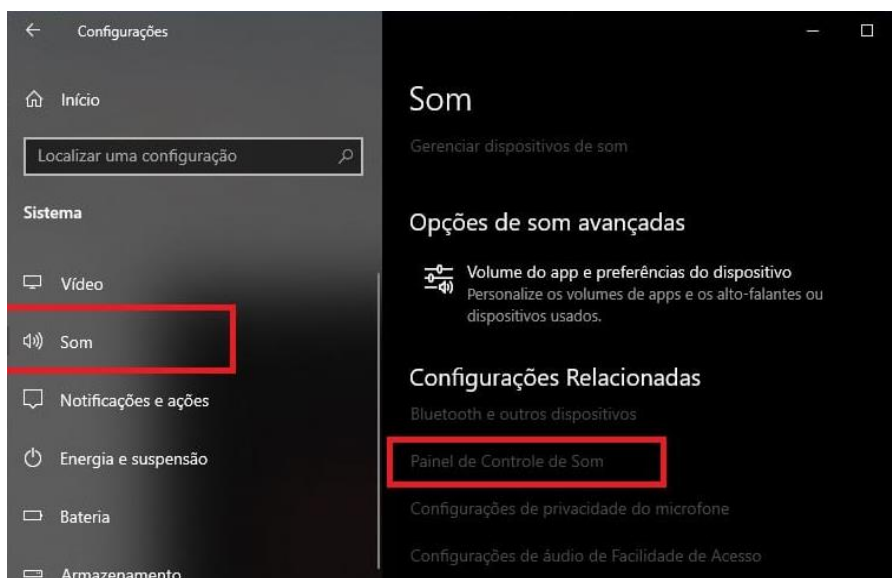
Figura 1: Abrindo as Configurações de Som.



Fonte: Autor

Nas configurações de som, clica-se em **Painel de Controle de Som** (figura 2).

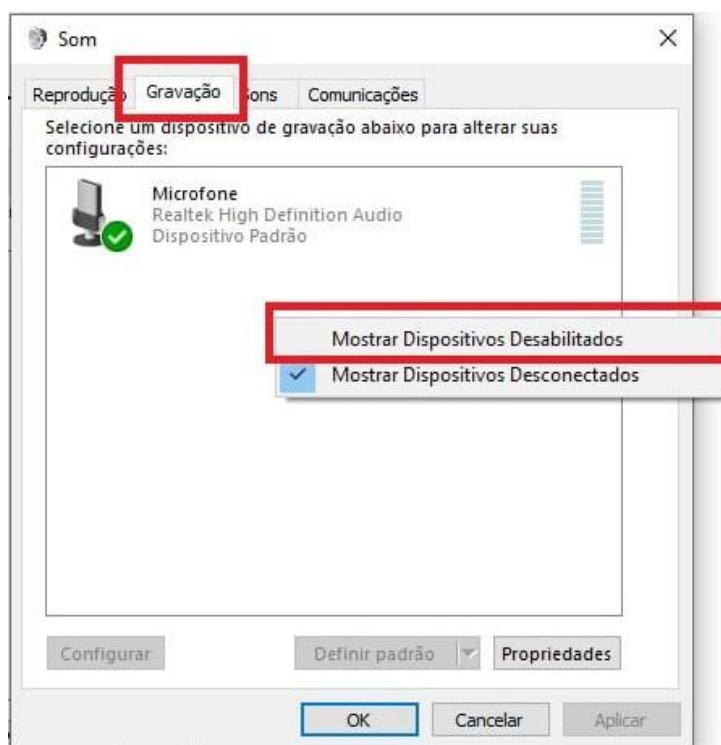
Figura 2: Configurações de som



Fonte: Autor

Após isso abrirá uma nova janela, nela clicamos na aba **Gravação**, e no espaço em branco embaixo do Microfone, clicamos com o botão direito do mouse e selecionamos a opção **Mostrar Dispositivos Desabilitados**, como na figura 3.

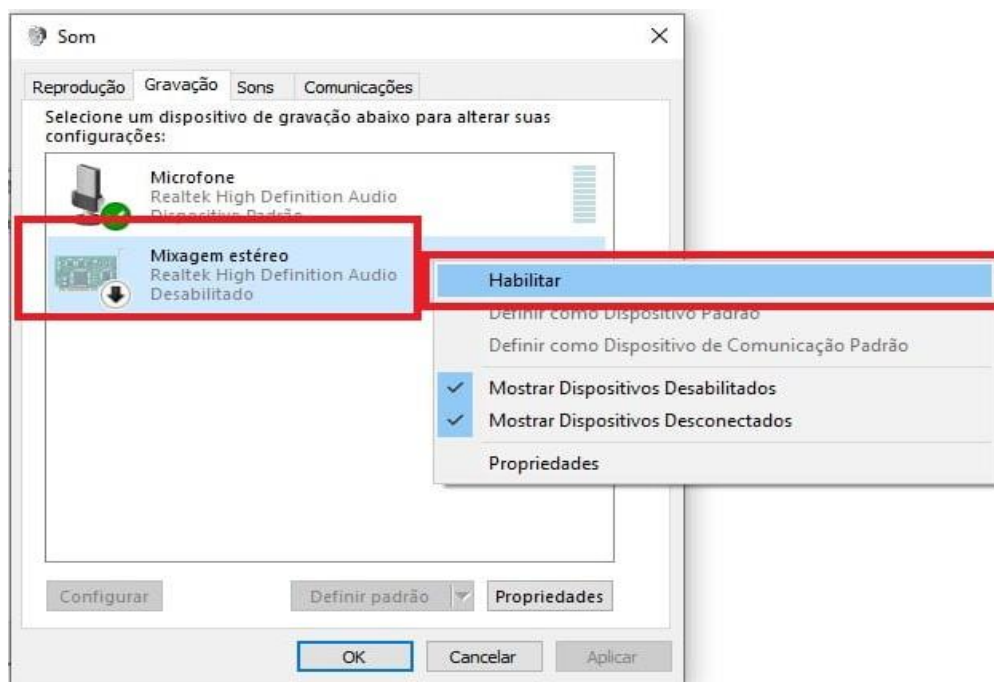
Figura 3: Painel de controle de som



Fonte: Autor

Acionamos com botão direito do mouse no ícone **Mixagem estéreo** e selecionamos a opção **Habilitar** (figura 4).

Figura 4: Habilitar a Mixagem Estéreo



Fonte: Autor

Depois que o dispositivo Mixagem Estéreo estiver habilitado, o software de transcrição estará aptos a captar o áudio reproduzido no computador.

## 3.2 Os Softwares Utilizados

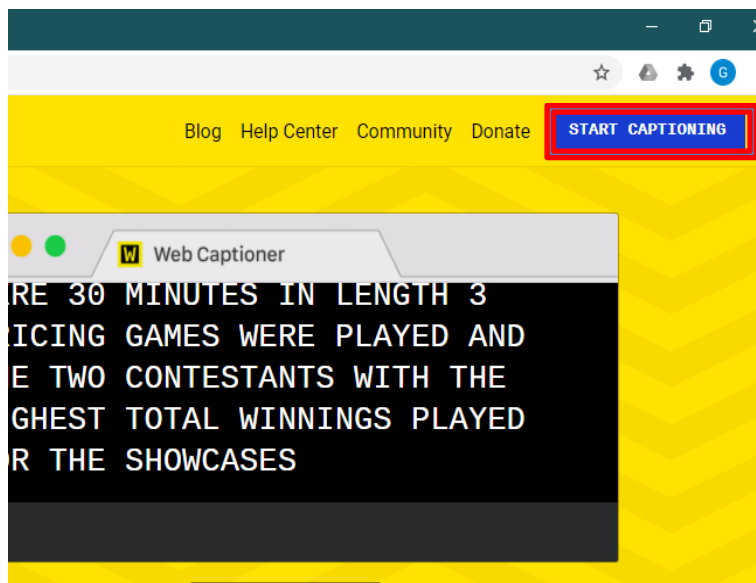
Nesta seção vamos apresentar os softwares que utilizamos neste trabalho, como utilizá-los e configurá-los, bem como um pouco da interface que quais as ferramentas que eles possuem.

### 3.2.1 Web Captioner

Web Captioner é uma ferramenta de reconhecimento de voz online que faz uma transcrição em tempo real no seu navegador. É gratuito e funciona com um microfone e um PC por meio do Google Chrome. Ele utiliza uma ferramenta do Google chamada "Web Speech API" que fornece reconhecimento de voz rápido e preciso.

Para utilizar o Web Captioner, primeiro, você precisa abrir o site <https://webcaptioner.com> em uma aba do navegador. Na página inicial, no canto direito superior, devemos clicar no botão **Start Captioning** (Figura 5).

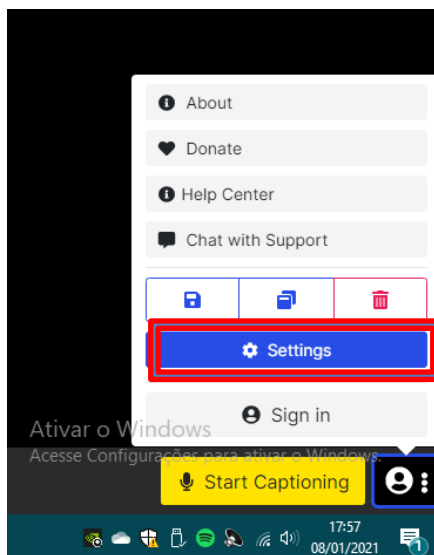
Figura 5: Iniciando o Web Captioner



Fonte: Autor

Para uma transcrição do áudio mais efetiva, precisamos configurar para o português. No layout principal, clicamos com o botão esquerdo em cima dos três pontos no canto inferior direito e selecionamos a opção “settings” (Figura 6).

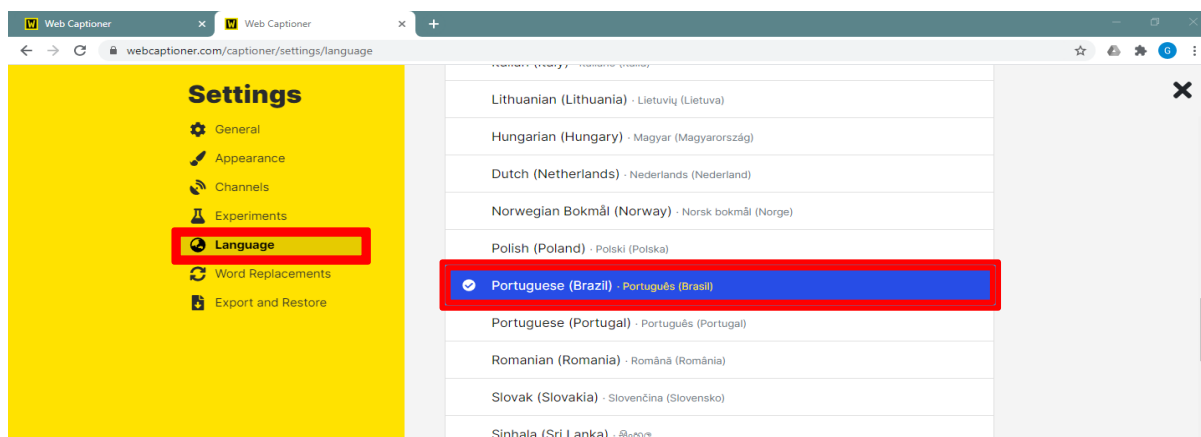
Figura 6: Selecionando a opção “Settings” no Web Captioner



Fonte: Autor

No menu de “Settings”, selecione o item Language, procure e escolha a opção por “Portuguese (Brasil)” (Figura 7). Agora o Web Captioner está habilitado pra entender e transcrever português.

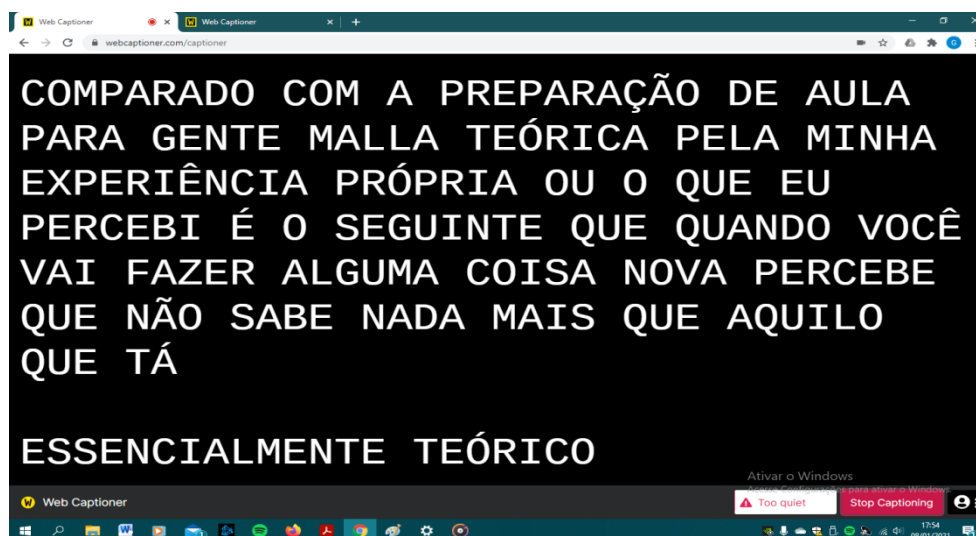
Figura 7: Selecionando a linguagem no Web Captioner



Fonte: Autor

O próximo passo agora é fechar o Settings no canto direito superior, e começar a transcrição. No layout principal, com a opção Mixagem Estéreo habilitada, clique em “Start Captioning” e coloque pra tocar a entrevista ou o áudio a ser transcrito. Nessa etapa do processo é recomendado que deixe o computador parado somente fazendo a transcrição até o áudio a ser transcrito seja totalmente reproduzido, eis um exemplo do software funcionando na figura 8.

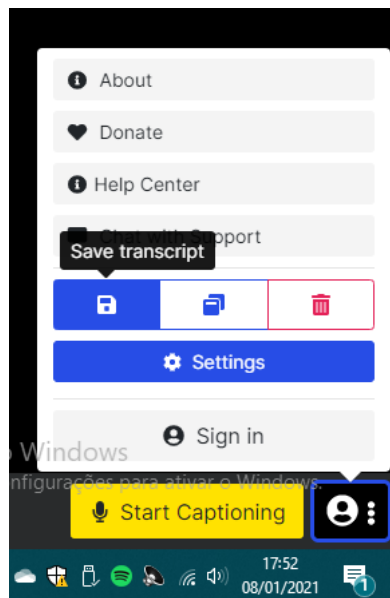
Figura 8: Web Captioner funcionando com o áudio sendo reproduzido



Fonte: Autor

Após a transcrição estar terminada, ou seja, o áudio já foi reproduzido por completo, para salvar a transcrição no computador clicamos nos 3 pontos no canto inferior direito e selecionamos a opção “Save Transcript” (Figura 9).

Figura 9: Salvando a transcrição feita



Fonte: Autor

Aparecerão duas opções, uma para fazer o download em arquivo de texto e outra para salvar em documento do Word, escolha a opção que mais te favorece e faça o download.

Aqui está um exemplo (figura 10) da transcrição de uma entrevista utilizando o Web Captioner antes de ser “lapidada”:

Figura 10: Transcrição feita pelo Web Captioner sem modificações

você considera o uso de experimentos didáticos de física um recurso em atividade sala de aula

laboratório sala de aula meu considero para demonstrações considero para mim é sempre que eu pude fazer eu fiz né Tem coisas tão difíceis mas sempre que a gente pode fazer eu que realmente às vezes é é capaz de motivar um aluno até definir a carreira do meu ponto de vista por que o uso de experimentos é relevante para ensinar física

mulher eu sempre achei que se você puder antes de introduzir um assunto poder mostrar um fato concreto uma demonstração que sirva como uma alavanca eu não sou muito favorável não é que eu não sou favorável acho que isso cabe também mas vamos supor uma situação como a pessoa que dá um Show cara show de física é uma atividade importante eu acho que é uma das coisas mais importantes que você faz aqui mas você precisa ir além porque no caso você tem de utilizar uma demonstração para você introduzir um assunto tá gravando mas para você introduzir um assunto que ter se você conta faz uma demonstração uma coisa depois

Fonte: Autor

Agora o mesmo trecho depois de ser melhorada na figura 11:

Figura 11: Transcrição após as modificações feitas pelo autor

00:00 -você considera o uso de experimentos didáticos de física um recurso em atividade sala de aula?

Não laboratório sala de aula mesmo? Considero para demonstrações. Para mim é sempre que eu pude fazer eu fiz. Tem coisas que são difíceis, mas sempre que a gente pode fazer, é que realmente às vezes é capaz de motivar um aluno, até definir a carreira do meu ponto de vista.

00:40-por que o uso de experimentos é relevante para ensinar física?

Eu sempre achei que se você puder antes de introduzir um assunto poder mostrar um fato concreto uma demonstração que sirva como uma alavanca. Eu não sou muito favorável, não é que eu não sou favorável acho que isso cabe também, mas vamos supor uma situação como a pessoa que dá um Show, no caso show de física é uma atividade importante eu acho que é uma das coisas mais importantes que você faz aqui mas você precisa ir além porque no caso você tem de utilizar uma demonstração para você introduzir um assunto, quer dizer, se você conta, faz uma demonstração depois usa

**Fonte:** Autor

Comparando as duas imagens, percebemos que a “lapidação”, ou seja, o aprimoramento da entrevista transcrita a partir do aplicativo Web Captioner é necessária pois o software em si não fornece uma boa transcrição, sendo essencial adaptações posteriores para se obter um resultado adequado. Por exemplo, podemos ver na transcrição antes da melhora aparece a palavra “mulher”. Em nenhum momento essa palavra foi dita pelo entrevistado, sugerindo que o programa não entende exatamente a fala da pessoa. Outro ponto que se pode observar é que o Web Captioner não pontua o texto, tarefa que deve ser feita no melhoramento do texto.

### 3.2.2 Voyant Tools

O Voyant Tools é um aplicativo online de análise de texto. Desenvolvida pelos canadenses Stéfan Sinclair (McGill University) e Geoffrey Rockwell (University of Alberta), está disponível em 10 línguas diferentes desde o seu lançamento, em 2003.

De acordo com o site do Laboratório em Rede de Humanidades Digitais ([http://www.larhud.ibict.br/index.php?title=Voyant\\_Tools](http://www.larhud.ibict.br/index.php?title=Voyant_Tools)) :

O Voyant Tools permite que seus usuários trabalhem com seus próprios textos ou com coleções de textos existentes (online ou não) para executarem funções básicas de mineração de textos. Os produtos gerados pelo Voyant Tools - listas de frequência de palavras, gráficos de distribuição de frequência e exibições de

KWIC (Key Words In Context – Palavras-Chave em Contexto) – permitem a extração rápida das características de determinado corpus teórico, ampliando a possibilidade de descoberta de temas. Dessa forma, o Voyant Tools se configura como um ambiente de análise, leitura e visualização de textos que, por tentar equilibrar facilidade de uso com uma gama de funções interpretativas e analíticas, atinge uma ampla gama de usuários – estudantes, pesquisadores, jornalistas, analistas de mercado, entre outros. ([http://www.larhud.ibict.br/index.php?title=Voyant\\_Tools](http://www.larhud.ibict.br/index.php?title=Voyant_Tools))

Devido as suas características, o Voyant Tools é uma poderosa ferramenta de análise de textos podendo ter inúmeras possibilidades de análise. Neste trabalho, optamos por utilizar principalmente para listas a frequência de palavras específicas nos textos das transcrições.

Para utilizar o Voyant Tolls, primeiro, devemos entra no site <https://voyant-tools.org>. Na figura 12 podemos ver o layout inicial.

No canto direto superior da caixa de texto, existem três ícones, sendo o terceiro um ponto de interrogação. No primeiro ícone configuramos a linguagem do texto que será usado, como estamos trabalhando com textos em português, foi utilizado o português.

Para adicionar o texto, ou textos se preferir, você pode copiar o texto e colar integralmente na caixa de texto, copiar a URL do texto ou clicar no botão na parte inferior da caixa “Upload” e utilizar um arquivo texto seu diretamente do computador. No caso deste trabalho, o texto foi inserido através da opção “Upload”.

Figura 12: Layout inicial do Voyant Tools



Adicionar textos 🔍 🔒 ?

Digite uma ou mais URLs em linhas separadas ou cole um texto completo.

✓ Revelar

Voyant Tools é um ambiente web de leitura e análise de textos digitais.  
Tradução para o português por Fernando Marineli

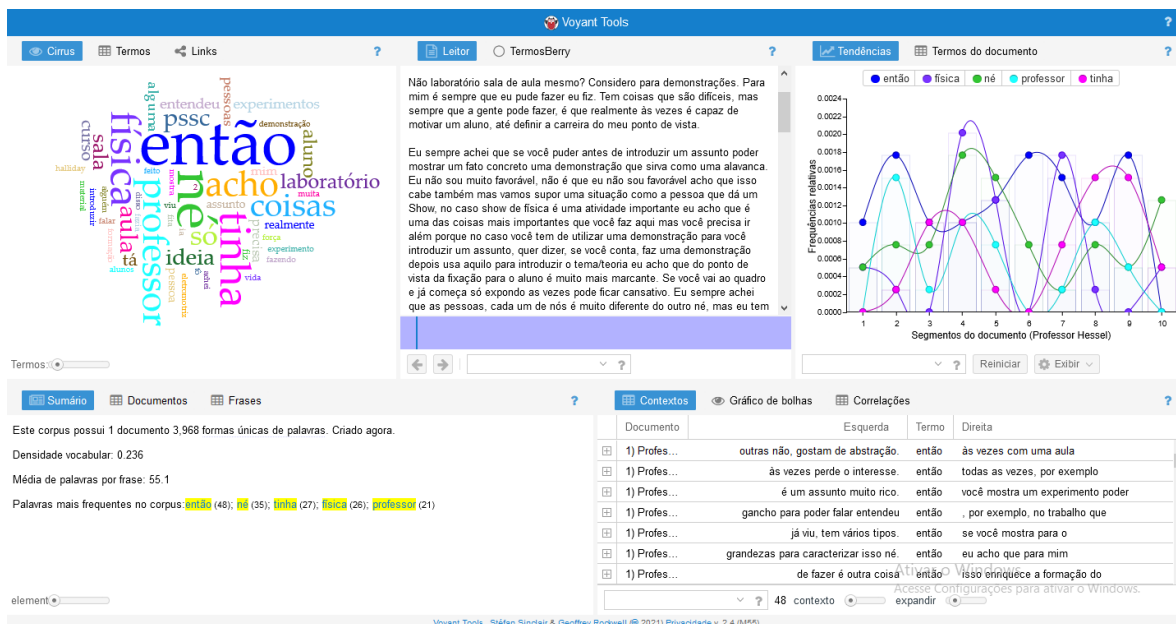
**Fonte:** Autor

Na figura 13 está o layout principal do Voyant Tools, após inserir o texto. Na parte superior central podemos ver o texto em si.

Na parte direta superior podemos ver os gráficos de distribuição de frequência. Na parte esquerda superior temos 3 modos, o primeiro chamado de “Cirrus” que é uma imagem relacionando a frequência das palavras aparecidas em relação as outras, quando mais repetida a palavra, maior ela aparecerá; segundo temos o modo “Termos”, ao qual esta apresentado na imagem e é qual foi utilizado principalmente neste trabalho, neste modo é apresentado uma lista com as palavras usadas no texto e o número de vezes que ela apareceu; terceiro temos o modo “Links” ao qual ele relaciona as palavras que mais aparecem no texto com as palavras que mais aparecem relacionadas a elas.

Na parte inferior podemos dividir basicamente em duas partes, na parte esquerda podemos obter informações gerais do texto como número de palavras, palavras mais frequentes, se você estiver utilizando mais de um texto pode-se ver as informações de cada um separadamente e frases do texto. Na parte da direita podemos ver a aba “Contextos” que mostra as palavras que você escolher e o contexto dela (frase antes e depois dela).

Figura 13: Layout Principal do Voyant Tools



Fonte: Autor

O Voyant Tools possui inúmeras funções, tendo potencial para uma grande exploração e análise no material textual a ser utilizado. Vale comentar o fato dele também ser de livre acesso, oferecendo novas possibilidades para futuras pesquisas.

## 4 O PAPEL DO EXPERIMENTO PARA O CIENTISTA E PARA O PROFESSOR

Aqui discutiremos a diferença entre o uso de experimentos por um cientista e um professor. Ambos fazem uso do experimento, mas com diferentes enfoques e objetivos. O cientista, a partir de sua base teórica e suas concepções (Gaspar, 2014), irá levantar hipóteses as quais serão testadas experimentalmente através da reprodução daquele fenômeno físico que ele quer estudar e de acordo com os resultados obtidos, desenvolver considerações e conclusões sobre o fenômeno ali estudado. O professor, por sua vez, procura dar sentido a teoria e conceitos por meio dos experimentos, buscando fazer com que o aluno tenha uma aprendizagem efetiva e crítica do conteúdo teórico e prático ao qual foi submetido.

Um dos exemplos que podemos trazer aqui sobre o uso de experimentos por um cientista é sobre o papel do experimento na óptica de Newton (Silva e Martins, 2006). Em 1704, Newton publicou sua teoria completa sobre óptica no livro *Optiks*, tendo um impacto igualável ao *Principia*, nem tanto por ser uma obra revolucionária como esta última, mas por ser publicado em inglês, exigir menos conhecimento matemático que o *Principia*, ser acessível ao grande público e, principalmente, utilizar uma grande quantidade de argumentos experimentais.

No *Opticks*, Newton utilizou o método da prova por experimentos que é introduzida após cada proposição. Isso demonstra claramente a crença indutivista de Newton que sua teoria se fundamentava nos experimentos e qualquer um que reproduzisse corretamente seus experimentos chegaria à mesma conclusão que ele, tanto que afirmou várias vezes que não utilizou hipóteses sobre os fenômenos, desenvolvendo sua teoria através dos fenômenos observados experimentalmente ou princípios derivados deles.

Há duas principais proposições do *Optiks* que Silva e Martins trazem para nos fazer refletir sobre o uso de experimentos por Newton. A primeira proposição é que luzes de cores diferentes possuem grau de refrangibilidade diferente, sendo que refrangibilidade para Newton é uma propriedade dos raios luminosos, quanto

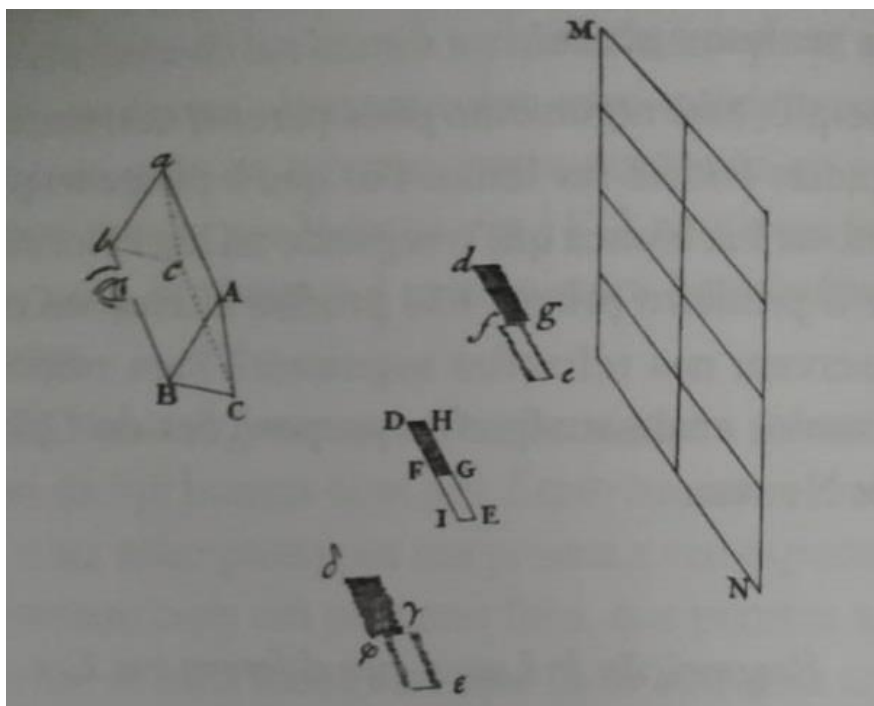
mais desviados na refração, mais refrangível, e vice versa. Ou seja, cada cor é refratada em ângulos diferentes.

Para essa proposição, Newton apresentou 2 montagens experimentais. Na primeira, que podemos ver na figura 14:

(Newton) observou através de um prisma um pedaço de papel preto dividido em duas partes, uma pintada de vermelho e outra de azul. A parte pintada de vermelho parecia separada da azul quando o papel era iluminado pela luz da janela e observado através do prisma; girando o prisma em torno de seu eixo para cima, a parte azul parecia subir mais que a vermelha e, girando para baixo, a azul parecia subir mais que a vermelha. (Silva e Martins, 2006, p.206)

Pode-se perceber que a luz que vem da parte azul refrata mais que a luz proveniente da parte vermelha, então a luz proveniente da parte azul é mais refrangível.

Figura 14: Esboço de Newton sobre 1º experimento de refração da cor azul e vermelha



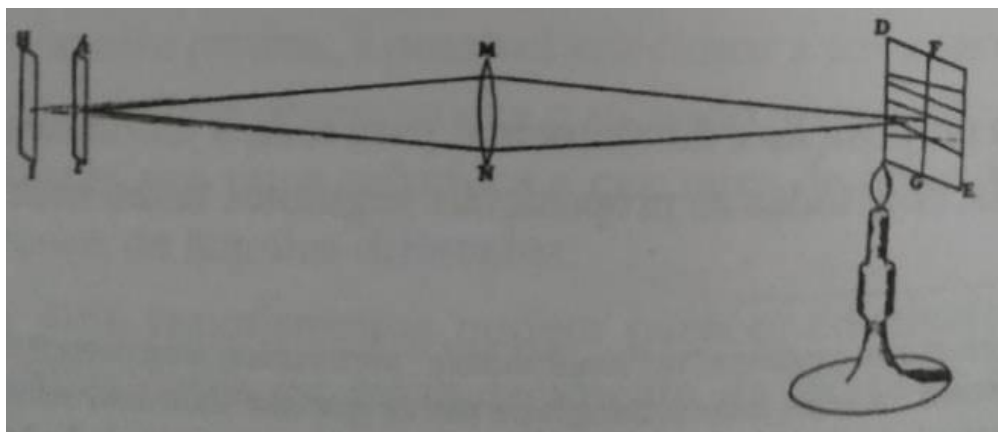
Fonte: SILVA, C. C.; MARTINS, R. A. (2006)

No segundo experimento que podemos ver na figura 15:

(Newton) enrolou um pedaço de fio preto no papel azul e vermelho e iluminou o conjunto com uma vela, formando uma imagem com uma lente. Percebeu que não era possível focalizar as duas partes simultaneamente. Isso queria dizer que a distância focal da lente dependia da cor utilizada, sendo (no caso) maior no vermelho do que no que para o azul. Se a distância focal muda

com a cor, isso significa que cada cor sofre uma refração diferente (Silva e Martins, 2006, p. 207)

Figura 15: Esboço de Newton com relação ao 2º experimento sobre a refração da cor azul e vermelha



**Fonte:** SILVA, C. C.; MARTINS, R. A. (2006)

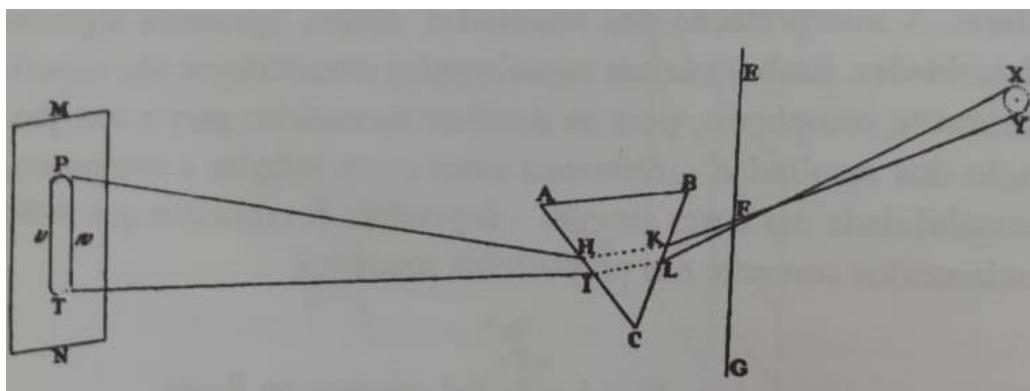
A segunda proposição que Silva e Martins trazem pra nós é a de que a luz do sol consiste em raios de diferentes refrangibilidades, considerada a proposição mais importante de Newton sobre sua teoria sobre as cores. Newton apresenta uma série de experimentos para tentar provar que a luz é uma mistura de raios, mas eles só deixam claro que os raios que compõe o espectro da luz solar após ela passar pelo prisma são refratados em quantidades diferentes (Silva e Martins, 2006).

Silva e Martins nos mostram que houve certa dificuldade de reprodução de um experimento de Newton, que podemos ver na figura 16. Além de sua montagem depender do ângulo com que o sol incide, o tornando extremamente complicado de se reproduzir, o resultado apresentado por ele do espectro da luz solar refratada perpendicularmente a parede foi bem diferente do que realmente se observava ao reproduzi-lo, podendo concluir que:

A idealização da forma do espectro feita por Newton teve um papel importante no estabelecimento de sua teoria, pois o salto da complexidade de seus resultados experimentais para essa idealização geométrica torna claro que ele não se restringia apenas às observações experimentais e fazia extrapolações matemáticas dos resultados experimentais baseado em hipóteses. (Silva e Martins, 2006, p. 216)

Havia um problema na segunda proposição de Newton que só os experimentos não era suficientes para provar sua colocação. Alegar que a luz do sol consiste em raios de diferentes refrangibilidades é dizer que a luz é aceitar que as cores estão presentes nela sem um meio refrator. Em todos os experimentos de Newton a luz ao menos uma vez era refratada por um prisma então poderia se dizer que era o prisma que provocava as mudanças na luz ao qual permaneciam inalteradas nas refrações seguintes, sendo essa a teoria proposta por Hooke. De fato, era impossível saber se as cores estavam presentes na luz antes de serem refratadas ao menos uma vez.

Figura 16: Esboço de Newton sobre refração da luz solar formando a imagem do espectro da luz.



**Fonte:** SILVA, C. C.; MARTINS, R. A. (2006)

Para escolher entre as hipóteses de que os raios coloridos já estivessem na luz branca ou de que eles foram produzidos pelo experimento, Newton teve que usar argumentos metodológicos e não apenas resultados experimentais. Em sua resposta para Hooke, como citam Silva e Martins:

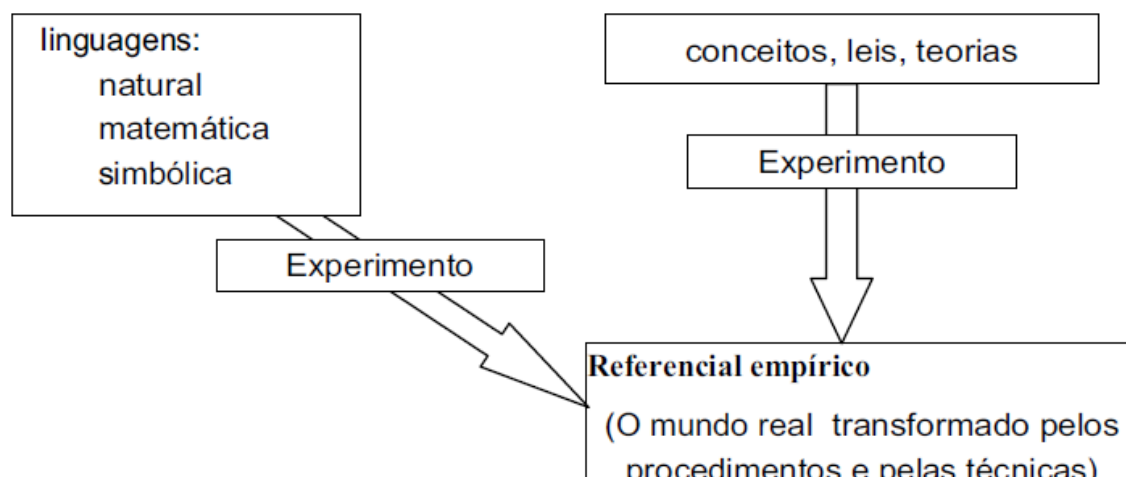
“Eu não vejo razão para suspeitar que os mesmos *Phenomena* possam ter outras causas ao ar livre”, isto é, ele não vê razão para introduzir a distinção entre os dois tipos de luz, já que eles exibem as mesmas propriedades em todos os experimentos. Não se deve multiplicar as entidades sem necessidade: deve-se escolher a mais simples. Essa é a regra metodológica conhecida como *Navalha de Occam*. (Silva e Martins, 2006, p. 221)

De acordo com os argumentos levantados por Silva e Martins, podemos perceber que a teoria de Newton sobre a natureza da luz e cores não foi construída por pura indução dos experimentos. Newton idealizou resultados experimentais e utilizou argumentos metodológicos para estabelecer pontos conflitantes de sua teoria, evitando a concepção errônea de que grandes teorias

científicas brotam completas da mente de gênios através da indução de resultados experimentais somente (Silva e Martins, 2006).

Agora, para o professor, segundo Seré, Coelho e Nunes (2003), o experimento fornecerá como uma ponte entre os conceitos, leis e teorias e as diferentes linguagens e simbolismos utilizados em física por meio de um referencial empírico, como estabelecido na figura 17. O referencial empírico é definido por Seré como aquilo que é real, organizado especificamente para a experimentação, de forma a permitir o estudo dos fenômenos. Por meio de aparelhos de medida e computadores, por exemplo, pode-se não simplesmente observar o fenômeno, mas sim analisar os resultados e o método utilizado para obter esses resultados.

Figura 17: Esquema da relação entre as linguagens, conceitos e referencial empírico por meio do experimento



**Fonte:** Seré, Coelho e Nunes, 2003

Portanto, o experimento fornece para o aluno a possibilidade de relacionar os conceitos aprendidos em aula e a linguagem que se utiliza mediante esse referencial empírico, dando verdadeiro sentido ao mundo abstrato das linguagens e conceitos. Ou seja:

O aluno só conseguirá questionar o mundo, manipular modelos e desenvolver os métodos se ele mesmo entrar nessa dinâmica de decisão, de escolha, de inter-relação entre a teoria e o experimento. (Seré, Coelho e Nunes, 2003)

Com relação as abordagens do experimento em sala de aula, a primeira que podemos citar é a demonstração. O professor, neste caso, pode se servir de

apenas um aparato experimental e realiza a experiência para todos os alunos. O aluno age apenas como expectador da atividade e o professor detém total controle sobre ela. Derivada do ensino tradicional, essa abordagem, segundo Gaspar (2014), foi a primeira empregada no ensino de física. A demonstração possibilitará observações do fenômeno físico envolvido, servindo de base para a realização de medidas e a aceitabilidade delas, ou seja, um ponto de vista quantitativo, e a própria discussão do fenômeno observado, um ponto de vista qualitativo.

Seré, Coelho e Nunes nos fornecem outras abordagens experimentais no ensino de física, como por exemplo, verificação de uma lei, a comparação de métodos experimentais e conceber um experimento. Essas abordagens tem em comum a ação do estudante sobre a atividade experimental, em diferentes níveis.

Quando se aplica um experimento para a verificação de uma lei, o experimento esta a serviço do aprendizado da lei. Nessa abordagem geralmente é estabelecido um objetivo claro ao aluno, em que também se utiliza um roteiro experimental, não oferecendo possibilidade de escolha para os alunos. A intenção do professor é estabelecer uma primeira relação entre a teoria e o mundo dos objetos.

Na comparação de métodos experimentais, supõe-se que a teoria é conhecida e ela será usada para avaliar a exatidão dos resultados experimentais. O professor pretende familiarizar o aluno com a medição, utilizando a teoria para encontrar o melhor método.

Quando o professor estabelece aos alunos que construam seus próprios experimentos, o aluno toma todas as decisões. Ele terá a possibilidade de utilizar e aprender a teoria, como por exemplo, na hora de escolher um instrumento de medição.

Dessa maneira, podemos destacar alguns objetivos das atividades experimentais como verificar/comprovar leis e teorias, ensinar o método científico, facilitar a aprendizagem e a compreensão dos conceitos, ensinar habilidades práticas e explorar fenômenos (Andrade, 2010).

## 5 Analisando alguns conteúdos por área da Física

O software Voyant Tools permitiu fazer uma análise da frequência em que termos relacionados a conteúdos de física aparecem nas entrevistas. Podemos ver esses resultados na tabela 2:

Tabela 2: Frequência de termos relacionados a física de cada entrevista

	<b>Prof. A</b>	<b>Prof. B</b>	<b>Prof. C</b>	<b>Prof. D</b>	<b>Total por conteúdo</b>
<b>Mecânica</b>	2	1	1	2	6
<b>Onda(s)</b>		5	2		7
<b>Óptica/ótica</b>	1	2			3
<b>Eletricidade/ Elétrica</b>	2	2		2	6
<b>Eletrostática</b>	4	3		1	8
<b>Eletromagnetismo</b>	2		2		4
<b>Magnetismo</b>	1	1			2
<b>Termodinâmica</b>		7			7
<b>Física Moderna/ Nuclear/Quântica</b>		1	5	1	7
<b>Total por professor</b>	12	22	10	6	

Fonte: Autor

O conteúdo mais mencionado é eletrostática com 8 menções, seguido por termodinâmica, onda(s) e física moderna/nuclear/quântica com 7 menções, eletricidade/elétrica e mecânica com 6 menções, eletromagnetismo com 4 menções, óptica/ótica com 3 menções e magnetismo com 2 menções.

A partir desses resultados, podemos ter uma ideia da preferência do professor por esses conteúdos. Um exemplo é o professor B, onde podemos ver claramente sua preferência por conteúdos de termodinâmica e onda(s). Já o professor A demonstra preferir os temas de eletrostática, eletromagnetismo e mecânica. Os professores C e D, não apresentam muitos resultados em relação aos temas de física, sendo que o professor C utiliza mais termos como ondas, eletromagnetismo e física moderna/nuclear/quântica e o professor D mecânica e eletricidade/elétrica.

De acordo com Braga (2016), os professores demonstraram interesse por:

...o professor A mostrou uma preferência por Eletricidade e Mecânica, o professor B mostrou por Termodinâmica, Ondas

mecânicas, óptica e mecânica, ao qual ele considera fácil, o professor C demonstrou por Eletricidade, Óptica e um pouco de dinâmica, que irei enquadrar em mecânica e o professor D, demonstrou maior interesse em Mecânica e Eletricidade. (Braga, 2016)

Os resultados apresentados pela análise feita do software Voyant Tools se demonstraram satisfatórios se comparado aos resultados apresentados por Braga. A frequência de termos relacionados aos conteúdos de física, neste caso, refletem bem o interesse pessoal do professor pelos temas apresentados.

Apesar do termo Física Moderna/Nuclear/Quântica ser utilizado pelos professores B,e C, vimos que nos resultados anteriores eles não necessariamente refletem interesse por esses temas, refletindo talvez a dificuldade de reproduzir experimentos nessas áreas.

Dentre os termos mais mencionados e não contando com o interesse fora do comum do professor B por Termodinâmica e Ondas, podemos ver uma tendência de se adotar conteúdos de eletrostática, eletricidade/elétrica e mecânica, que são as áreas da física que talvez seja mais comum se utilizar experimentos.

## 6 Os Professores Experimentadores e o limite da segurança e da formação

Vários aspectos emergem dos relatos dos professores pesquisadores entrevistados, mas em particular nos focaremos na questão do que podemos considerar como um limite. Alegam que alguns experimentos devem ser evitados por serem perigosos aos estudantes. r

O Professor C, quando questionado sobre qual é o tópico de física mais relevante para uso de experimentos, argumenta

“mas veja, por exemplo numa aula de física nuclear o professor não vai levar mercúrio para trabalhar com os alunos, não vai levar nada radioativo que prejudique a saúde de todo mundo, então a gente tem que pensar não em qual é o mais relevante, mas onde usar, em todas as áreas da física é possível usar experimento, quase todas, por exemplo numa aula de física quântica, como é que o professor vai fazer um experimento de física quântica ali?”

Para o Professor C, há um limite intransponível para alguns experimentos, particularmente radioatividade. Situação semelhante é apresentada de outra forma pelo Professor B quando perguntado sobre se haveria a possibilidade considerar os experimentos de maneira irrestrita. Ele responde

“Eu acho que se é irrestrito, eu coloco um questionamento, porque há tantos experimentos, imagina um experimento de física nuclear? Quando eu fazia Geologia, teve um professor que levou umas cápsulas radioativas, então você leva isso, a cápsula lá em si tá tudo bem, mas e se você for de forma irrestrita e [...] o cara que ver e... Não pode ser irrestrito, eu acho que é assim, é bem amplo, mas precisa ver restrições né, porque segurança tem, precisa pensar na... A exposição acontece...”

Em ambos os casos, os dois professores demonstram receio sobre experimentos de física nuclear, apesar do Professor B comentar que quando em sua graduação em Geologia esteve em contato com cápsulas radioativas trazidas pelo próprio professor de uma disciplina. A preocupação dos dois professores é clara e justa, com relação à segurança dos alunos em expô-los a algum material tóxico ou radioativo que possa causar danos à saúde. Entretanto a vivência de B permite vislumbrar uma possibilidade e para C uma interdição. Percebe-se que devido sua experiência nas aulas frequentadas na graduação em Geologia, o

Professor B não demonstra tranquilidade com relação as capsulas radioativas, diferentemente do receio apresentado pelo Professor C. B e C desvelam que a formação é fundamental para o desempenho docente, visto que a formação complementar de B o permite refletir melhor sobre a segurança da exposição à radiação ionizante.

Uma das possibilidades para contornar a dificuldade de se abordar física nuclear com experimentos está na literatura da área com a construção de uma câmara de nuvens de baixo custo proposta por Laganá (2011). Além de ser um tópico de física relevante para aprofundamento, tal situação poderia superar as práticas usuais e mostrar aos estudantes esse conhecimento de uma maneira experimental.

No artigo, Laganá, apresenta o funcionamento de uma câmara de nuvens e disponibiliza, em versão eletrônica online<sup>3</sup>, o material de apoio para sua construção e utilização.

### **6.1 Uma demonstração inusual: a câmara de nuvens**

A câmara de nuvens foi inicialmente proposta em 1911 (na figura 18 podemos ver a original de 1911, que se encontra no Laboratório Cavendish, na Universidade de Cambridge) por Charles Thomson Rees Wilson. Em seus estudos sobre formação de nuvens e fenômenos ópticos em uma atmosfera de gás com água supersaturada, descobriu que íons poderiam agir como centros de condensação de gotículas de água (Longair, 2014). A partir disso, ele desenvolveu a primeira câmara de nuvens, conhecida posteriormente como câmara de nuvens de expansão ou câmara de Wilson. O procedimento geral era permitir que a água evaporasse em um recipiente fechado até o ponto de saturação e então abaixar a pressão (expansão adiabática), produzindo um volume de ar supersaturado com vapor d'água. Nesta condição, a passagem de uma partícula carregada condensaria o vapor em pequenas gotas, produzindo um rastro visível do caminho da partícula.

---

<sup>3</sup> <https://sites.google.com/site/caiolagana/cloud-chamber-construcao>

A câmara de nuvens foi um dos primeiros detectores de partículas, possibilitando Charles T. R. Wilson ganhar o prêmio Nobel em 1927 pela construção da mesma e possibilitando Carl. D. Anderson ganhar o prêmio Nobel em 1936 pelas descobertas do pósitron em 1932, e do múon em 1936. Na figura 19 há uma figura da câmara de nuvens de Wilson funcionando, em 1912.

Figura 18: Câmara de nuvens de Charles T. R. Wilson (1911)



**Fonte:** Biblioteca Digital da Universidade de Cambridge<sup>4</sup>

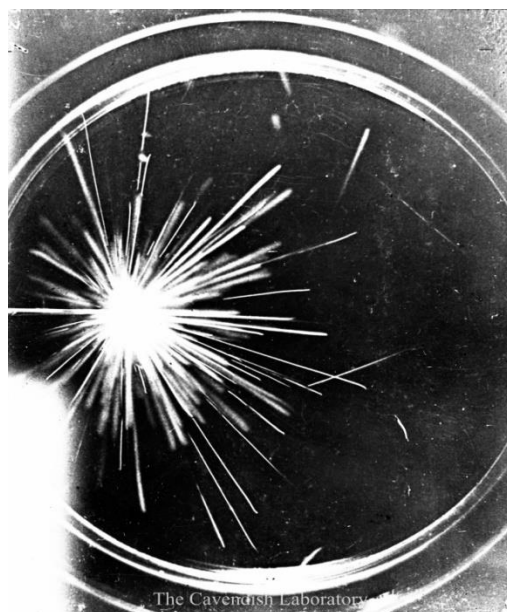
Em 1936, Alexander Langsdorf criou outra versão da câmara de nuvens, a câmara de nuvens por difusão. É essa em que Laganá (2011) se baseou para propor o aparato que descrevemos neste trabalho. A câmara de nuvens por difusão tem a vantagem de funcionar ininterruptamente, diferente da câmara de Wilson que produzia traços apenas em intervalos de alguns segundos, pois seu funcionamento se dava através da expansão adiabática.

Na fig. 20 encontra-se o modelo 3D da câmara de nuvens por difusão de Laganá (2011). O recipiente de vidro (A) é apoiado em uma placa de metal (F) que por sua vez esta parcialmente submersa em um isopor (H) contendo uma solução de gelo seco com álcool comum (G). O papel (B) colado na tampa possui uma parte que esta embebida no reservatório (D) que contém álcool isopropílico, de

<sup>4</sup> <https://cudl.lib.cam.ac.uk/>

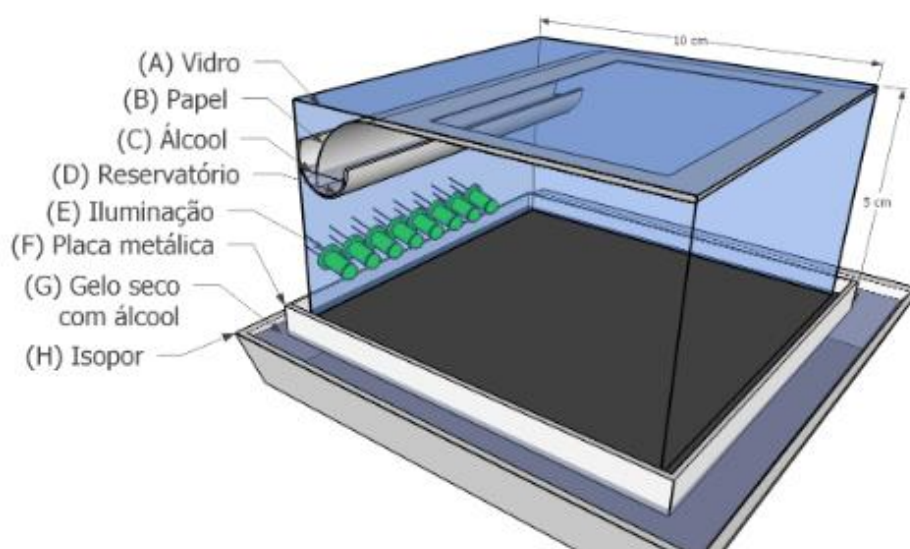
forma a mantê-lo sempre úmido. Os LEDs (E) ajudam na iluminação para a observação dos traços formados.

Figura 19: A Câmara de Nuvens de Wilson em funcionamento (rastros gerados por uma fonte radioativa)



**Fonte:** Biblioteca Digital da Universidade de Cambridge

Figura 20: Modelagem 3D da câmara de nuvens de Laganá



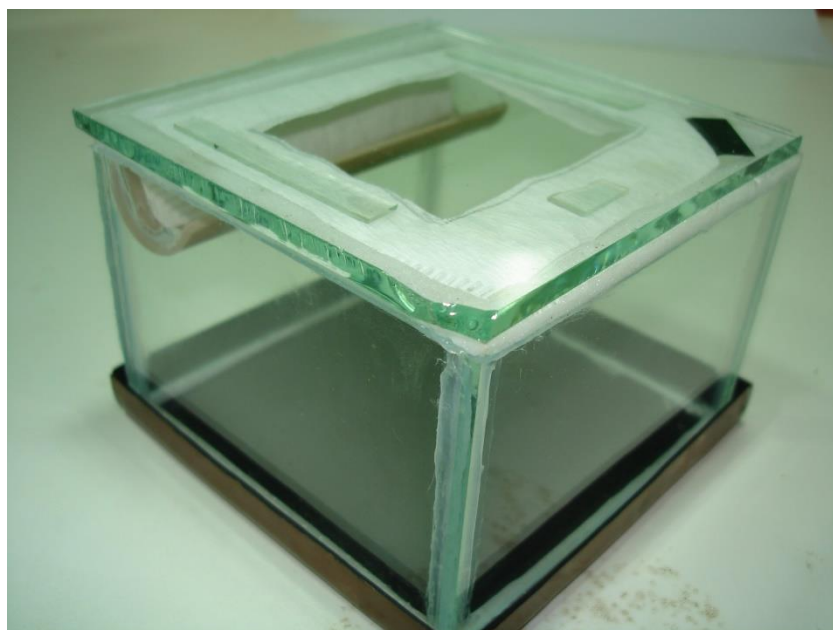
**Fonte:** Laganá (2011)

O álcool isopropílico evapora porque o papel na parte superior está à temperatura ambiente, e esse vapor de álcool preenche todo o volume do recipiente. O álcool evaporado mais próxima da placa (F) se resfria, pois a placa

está em contato com o gelo seco à  $-78,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . O vapor ao se resfriar fica mais denso e condensa na placa, ao mesmo tempo em que mais vapor presente na parte inferior da câmara se resfria. A constante evaporação do álcool na parte superior e a condensação na parte inferior cria um ciclo de convecção.

Esse ciclo de convecção é interessante para esse experimento, pois, logo acima da placa de metal, até uma altura de  $\sim 1\text{ cm}$ , o vapor se encontra *supersaturado*. Ao passar por esse vapor supersaturado de álcool, uma partícula carregada ioniza as moléculas em seu caminho. Essa ionização induz a condensação de gotículas de álcool formando um traço enevoadado que pode ser visto a olho nu, com ajuda da iluminação e o fundo pintado de preto da placa de metal.

Figura 21: Foto da câmara de nuvens de Laganá



**Fonte:** <https://sites.google.com/site/caiolagana/cloud-chamber-construcao>

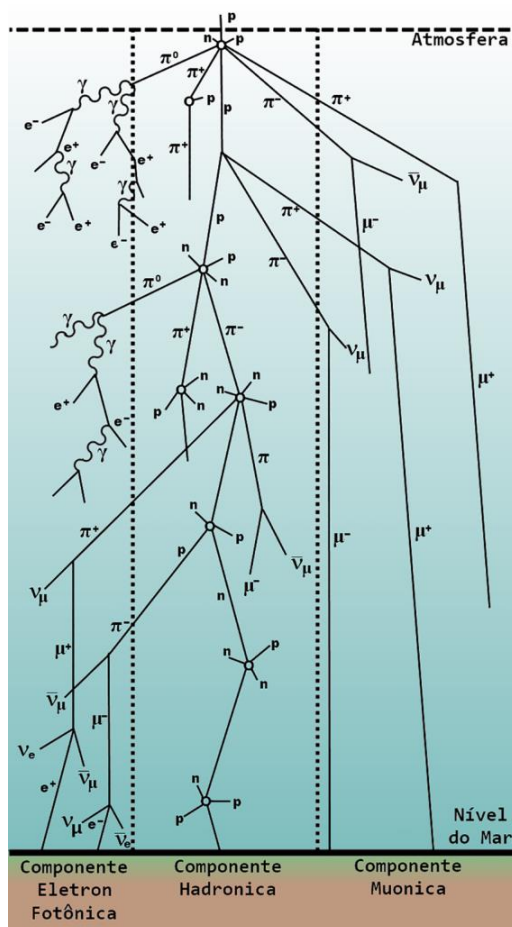
Na fig. 21 podemos observar uma foto da câmara de nuvens montada sem o isopor (H). Os vidros das paredes foram selados com silicone e tiras de isopor foram fixadas ao longo das bordas superiores e inferiores a fim de isolar o sistema termicamente e eliminar correntes de ar. O material escolhido para a placa de metal foi o cobre pela alta condutividade térmica, sendo que pode também ser substituído por alumínio por ser mais acessível. A placa também foi pintada de preto para melhor visualização dos fenômenos. O papel que foi escolhido como

evaporador de álcool por Laganá foi o papel de filtro de café por mostrar ótimos resultados.

## 6.2 A câmara de nuvens e o que se observa do ponto de vista da física

Depois de detalhada a montagem, podemos mostrar alguns tópicos de física no qual esse experimento pode ser utilizado para fins didáticos. Devido à câmara de nuvens registrar somente traços de partículas carregadas, se abrem duas possibilidades de estudo. As partículas carregadas podem ser oriundas de duas fontes: raios cósmicos e materiais radioativos, se mostrando possível o estudo da física nuclear com o experimento. Nos debruçaremos, com base no artigo de Laganá (2011), a física no estudo de raios cósmicos com a câmara de nuvens por difusão que pode ser feito em sala de aula, optando por uma fonte natural e inevitável de radiação a que todos estamos submetidos.

Figura 22: Ilustração do chuva de raios cósmicos



Fonte: Izzo de Oliveira, Rockenbach e Pacini (2014)

Raios cósmicos (ver representação na figura 22) são predominantemente prótons ou núcleos leves que chegam até ao planeta Terra e são originados de processos estelares. Essas partículas, ao encontrarem a atmosfera superior, colidem com as moléculas de ar produzindo uma sucessão de decaimentos também conhecida como cascata de partículas elementares em um processo conhecido como “chuveiro de partículas”.

A maioria das partículas produzidas por esse efeito de desintegram rapidamente na atmosfera, mas algumas dessas partículas conseguem chegar ao nível do mar, podendo ser observadas na câmara de nuvens.

Na tabela 1 adaptada do trabalho de Laganá podemos identificar as partículas cósmicas mais comuns que podem ser observadas.

Tabela 1: Partículas que podem ser detectadas com a câmara de nuvens

<b>Nome</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Massa (MeV/c<sup>2</sup>)</b>	<b>Vida Média</b>
<b>Elétron</b>	e	0,51	$\infty$
<b>Múon</b>	$\mu$	105	$2,2 \times 10^{-6}$ seg.
<b>Próton</b>	P	938	$> 2,1 \times 10^{29}$ anos
<b>Píon</b>	$\pi$	139	$2,6 \times 10^8$ seg.

**Fonte:** Adaptada de Laganá (2011)

O chuva iniciado pelo próton oriundo do espaço sideral pode ser fonte de uma variedade de fenômenos físicos interessantes, mesmo que restem ao nível do mar praticamente apenas múons e elétrons.

Segundo Laganá, é possível detalhar alguns fenômenos observados e registrados por ele na sua câmara de nuvens como:

- (1) partículas de baixa energia,
- (2) elétrons de ionização,
- (3) prótons e
- (4) partículas de alta energia.

As figuras e gráficos utilizados a seguir como exemplo dos fenômenos foram retirados do artigo de Laganá (2011), as fotos estão com a cor invertida para melhor visualização.

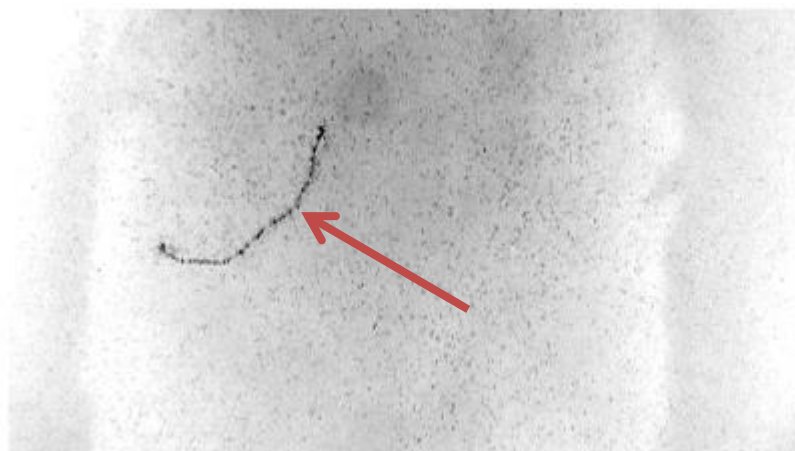
Partículas de baixa energia são normalmente observadas pela câmara de nuvens exposta a raios cósmicos e são identificadas pela grande quantidade de desvio em sua trajetória (fig. 23 ). Essas partículas possuem energia da ordem de 0,05 MeV.

A seção de choque diferencial do espalhamento de um elétron é dado pela equação (1)

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} \approx \left( \frac{Z\alpha\hbar c}{E \sin^2 \frac{\theta}{2}} \right)^2 \quad (1)$$

onde  $E$  sua energia e o  $\theta$  o ângulo com que o elétron foi espalhado em relação à direção em que ele se propagava. Como  $d\sigma/d\Omega$  é proporcional a  $1/E^2$ , quanto menor a energia do elétron, maiores as chances dele sofrer uma colisão e dar origem aos desvios na trajetória.

Figura 23: Traço formado por uma partícula de baixa energia (elétron ou múon)



Fonte: Laganá (2011)

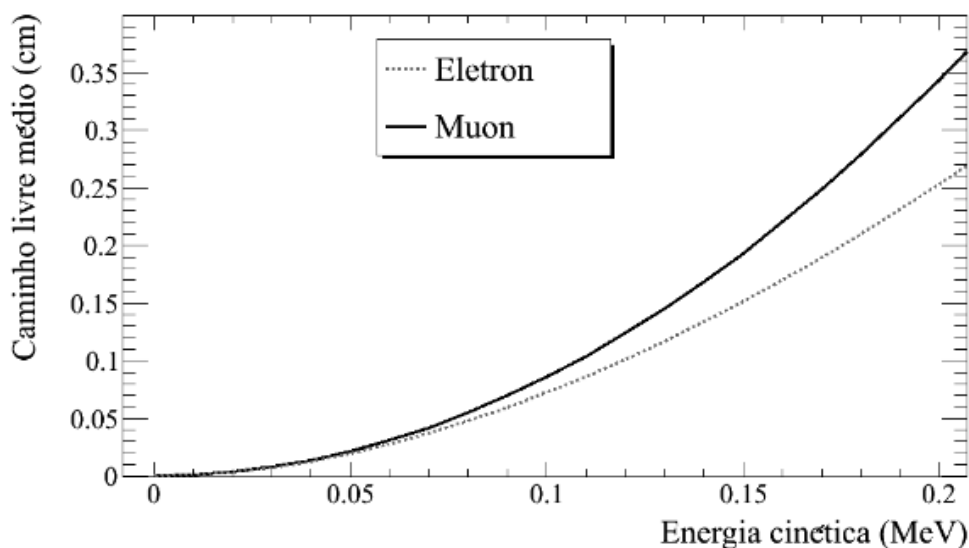
Através da integração da Eq. (1) em  $\theta$  para determinar a seção de choque total  $\sigma$ , é possível obter o caminho livre médio,  $l$ , para elétrons em vapor de álcool, dado pela equação

$$l = \frac{1}{\sigma\rho} \quad (2)$$

onde  $\rho$  é a densidade do vapor de álcool. O caminho livre médio é a distância média que uma partícula percorre antes de sofrer uma colisão. Na análise feita por Laganá, uma “colisão” é qualquer desvio maior que  $3^\circ$ .

A figura 24 é um gráfico do caminho livre médio de elétrons e múons em função da energia cinética elaborado por Laganá. Utilizando uma régua, o autor mediu a distância que a partícula da figura () percorre antes de sofrer desvio. O resultado foi estimado em  $l = 0,04$  cm e comparando este com o gráfico, pode-se deduzir que a energia dessa partícula é da ordem de 0,05 MeV, podendo ser um elétron ou um múon.

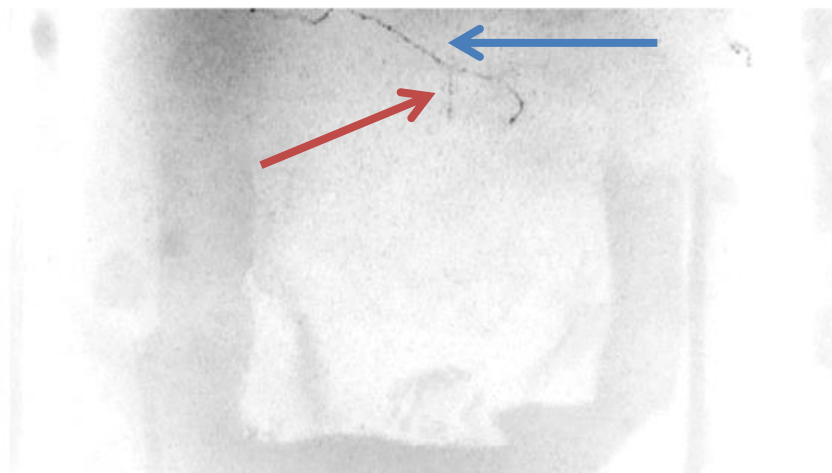
Figura 24: Gráfico do caminho livre médio de elétrons e múons em função da energia cinética



**Fonte:** Laganá (2011)

Outro fenômeno observável no experimento podem ser os elétrons de ionização. Quando uma partícula energética passa próxima a um átomo, ela pode arrancar alguns elétrons desse átomo, dando origem aos elétrons de ionização. Eles compõem a maior parte das partículas de baixa energia observadas na câmara, segundo Laganá.

Figura 25: Imagem de uma partícula energética (azul) produzindo um elétron de ionização (vermelho)



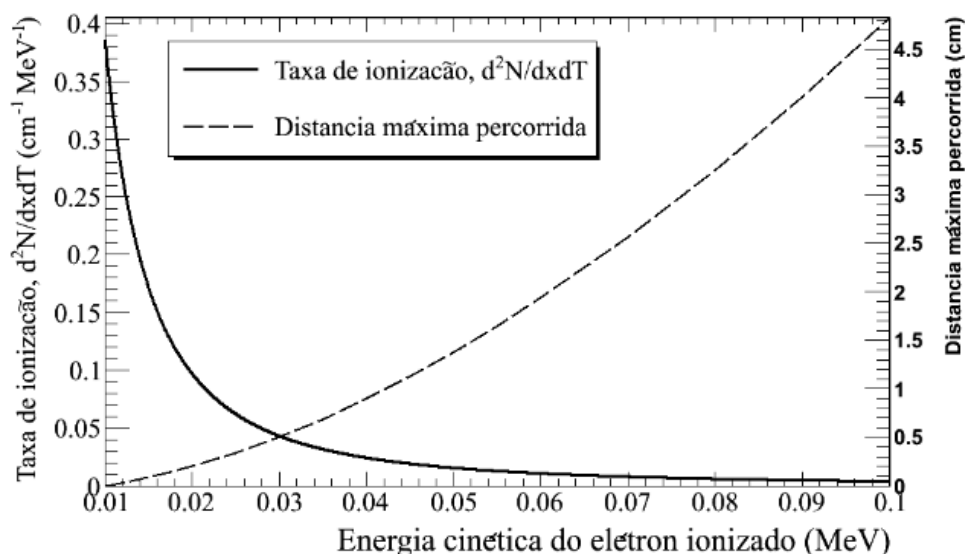
**Fonte:** Laganá (2011)

Na figura 25 podemos observar uma partícula que veio da esquerda, colidiu e produziu um elétron de ionização (traço para baixo), dando origem a bifurcação.

Normalmente, elétrons de ionização percorrem alguns centímetros até toda sua energia ser depositada no vapor de álcool e parar.

Na figura 26 há um gráfico duplo onde podemos ver, no eixo da esquerda, a taxa de ionização pela energia elétrica do elétron ionizado cujo gráfico é a linha cheia. No eixo da direita, podemos ver a distância máxima percorrida por um elétron de ionização antes de parar em função da sua energia cinética cujo gráfico é a linha tracejada. O gráfico referente à distância máxima percorrida por elétrons em vapor de álcool, segundo Laganá, foi feito a partir de um ajuste parabólico a dados experimentais obtidos do National Institute of Standards and Technology.

Figura 26: Gráfico duplo da energia cinética do elétron ionizado em função da taxa de ionização (Eixo da esquerda) e da distância máxima percorrida (eixo da direita)



Fonte: Laganá (2011)

Observa-se na figura 26 que, muitos elétrons de ionização são produzidos com energia cinética  $< 0,01$  MeV, mas não podem ser observados pois deixam traços muito curtos, com uma distância máxima percorrida  $< 1\text{mm}$ . Quanto maior for sua energia cinética, maior vai ser a distância máxima percorrida desses elétrons, mas a probabilidade deles serem arrancados diminui de acordo com que a taxa de ionização cai.

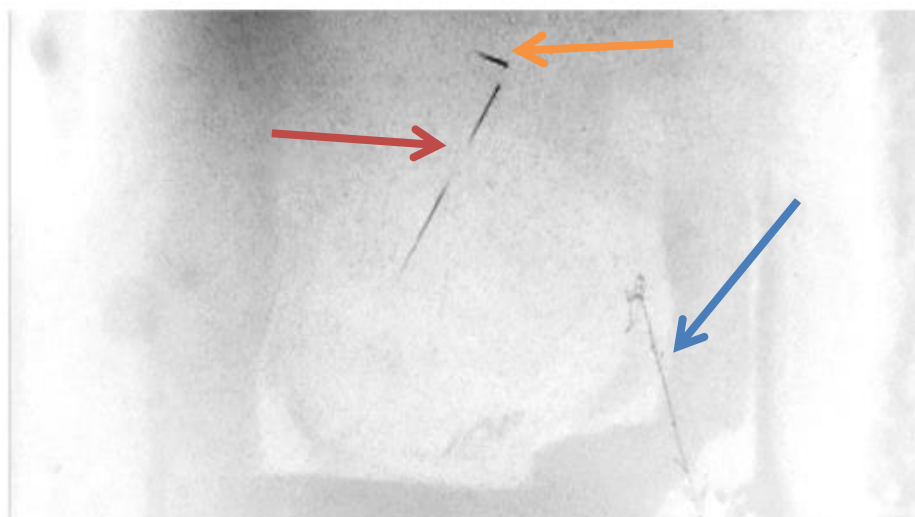
De acordo com Laganá, o balanço entre o número de elétrons arrancados e a distância máxima percorrida concentra a energia dos elétrons de ionização normalmente observados na câmara de nuvens em torno de 0,05 MeV. Valor esse que é compatível com a energia estimada através do caminho livre médio deduzido anteriormente.

Mais um dos fenômenos que podem ser observados na câmara de nuvens são os traços produzidos por prótons. Esse evento são relativamente raros, mas alguns prótons secundários produzidos nos chuveiros de raios cósmico conseguem atingir o nível do mar e tem traços extremamente característicos, são retos e fortes.

Na figura 27 há um registro de um possível nêutron cósmico que interagiu com um núcleo atômico, produzindo um próton que vai para baixo e uma partícula

$\alpha$ , á esquerda. É claramente visível que, pela partícula  $\alpha$  ser mais pesada, deixa um traço mais intenso e curto que o próton.

Figura 27: Possível nêutron cósmico (azul) dando origem a um próton (vermelho) e uma partícula Alfa (amarelo)



Fonte: Laganá (2011)

Pode-se explicar esse traço característico do próton através da descrição da interação de partículas carregadas com a matéria. A partícula carregada deposita predominantemente a energia por meio da ionização das moléculas do vapor de álcool. A taxa de deposição de energia em função da energia cinética  $T$  é dada pela fórmula de Bethe-Bloch<sup>5</sup>,

$$-\frac{dE}{dx} = \frac{\rho K Z}{A} \left[ \frac{\ln \left( \frac{2m_e c^2}{I} \left[ \left( 1 + \frac{T}{mc^2} \right)^2 - 1 \right] \right)}{1 - \left( \frac{T}{mc^2} + 1 \right)^{-2}} - 1 \right] \quad (3)$$

onde  $m$  é a massa da partícula incidente e  $I$  a energia de ionização da molécula de álcool.

Na figura 28 vemos o gráfico da equação (3) em função da energia cinética para o múon e para o próton.

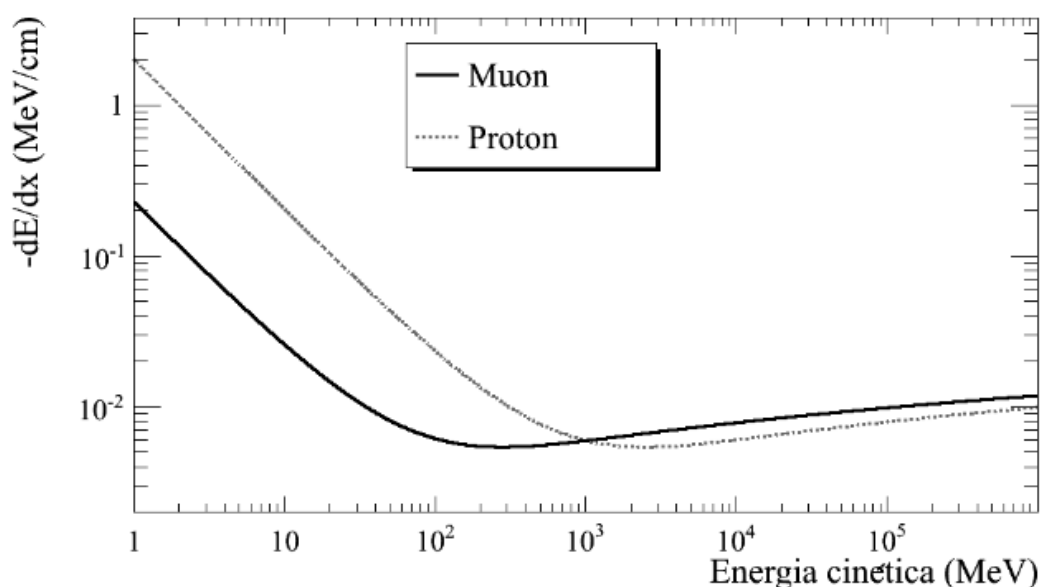
---

<sup>5</sup> K. Nakamura and Particle Data Group 2010 J. Phys. G: Nucl. Part. Phys.37075021

Prótons não relativísticos ( $Energia\ Cinética < m_p \approx 10^3 MeV$ ) depositam muito mais energia no vapor de álcool do que os múons. Por terem mais massa, ionizam mais moléculas aglutinando mais vapor de álcool e deixando um traço mais espesso.

Para altas energias ( $Energia\ Cinética > 1 GeV$ ), a distinção entre múons e prótons através da intensidade do traço não pode ser feita, pois a deposição de energia deles tende a ser a mesma.

Figura 28: Gráfico da taxa de deposição de energia de múons e prótons em vapor de álcool isopropílico como função de sua energia cinética

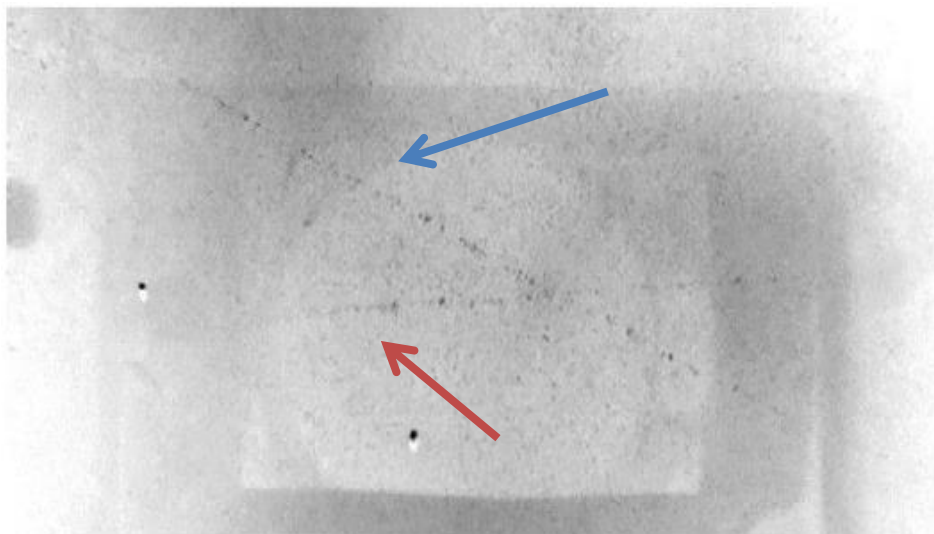


**Fonte:** Laganá (2011)

O último fenômeno que Laganá aponta em seu estudo é a observação de partículas de alta energia. Apesar da produção dessas partículas altamente energéticas em laboratório não ser uma tarefa simples, elas estão presentes nos raios cósmicos e podem ser estudadas pela câmara de nuvens.

Na figura 29 pode-se observar dois traços retos. Esses traços retos são características de partículas de energia  $> 100 MeV$  e dão origem a esses traços sem desvios pois possuem menos chances de colidir com as moléculas do vapor de álcool. Na mesma figura nota-se que as duas atravessam a câmara ao mesmo tempo e não interagem entre elas.

Figura 29: Traços produzidos por duas partículas de alta energia



**Fonte:** Laganá (2011)

Como as partículas atravessam a câmara inteira (10 cm) sem desvios, através da análise do caminho livre médio, segundo Laganá, é possível concluir que a energia dessas partículas deve ser maior que 1 MeV, não sendo possível estimar o valor exato.

Comparando-se os traços dessas partículas energéticas com as partículas de baixa energia, vemos que dessas partículas de alta energia são mais fracas que os de baixa energia. Isso está de acordo com a equação (3) que prevê que partículas energéticas ionizam menos que as de baixa energia.

É evidente que, após uma série de análises físicas dos fenômenos trazidos por Laganá observáveis na câmara de nuvens, é possível realizar um experimento de física nuclear até mesmo em sala de aula e trazer tais conceitos aos alunos. Como o próprio autor cita, “A grande distância entre prática e teoria é, muitas vezes, um fator limitante no aprendizado de física”. Portanto, experimentos além dos comumente usados como os de mecânica, eletromagnetismo e eletrostática podem ser confeccionados e trazer muitos insights sobre a natureza do universo e assuntos que geralmente não são abordados em sala de aula.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho apresentamos novas possibilidades para a transcrição e análise de entrevistas. O Web Captioner, por exemplo, se mostrou uma eficiente ferramenta de transcrição, visto que para de fazer uma transcrição direto do áudio tradicionalmente é trabalhosa e demanda tempo do pesquisador, com isso, esse método de transcrição facilitou muito o processo, economizando tempo útil que pode ser aproveitado com outros aspectos do trabalho.

O Voyant Tools também pode ser considerado um recurso poderoso para a análise qualitativa das entrevistas, devido a inúmeras possibilidades que o software apresenta. Neste trabalho, apenas a ferramenta busca por termos e sua frequência no texto foi utilizada, mas, futuras análises e trabalhos, o Voyant Tools oferece muitas oportunidades e recursos. Certas limitações foram percebidas em relação à análise do programa, como por exemplo, palavras que são repetidas ou tiques de fala que o entrevistado possui talvez possam interferir em análises mais precisas. Recomendo que para trabalhos posteriores o texto esteja devidamente corrigido para melhor proveito de outras ferramentas, como análises de “Palavras-Chave em Contexto” (KWIC).

Na análise feita com o Voyant Tools, podemos concluir que os professores mais experientes (A e B), possuem mais repertório que os mais novos (C e D). Ainda, há uma facilidade em determinados conteúdos, como mecânica é eletricidade. A formação da graduação reflete essas preferências e facilidades dos Professores Experimentadores.

Vimos que a segurança também é uma importante variável em que professores experimentadores se preocupam, visto que na experimentação para estudantes, é imprescindível que não ocorra nenhum tipo de acidente ou coloque o aluno em risco. A preocupação com experimentos relacionados à radiação é clara e tem que ser devidamente respeitada. Para contornar os riscos, apresentamos uma sugestão de experimento de física moderna/nuclear, a câmara de nuvens, que não fornece nenhum tipo de dano para o estudante e revela a radiação natural que todos nos estamos expostos, os raios cósmicos. Isso apresenta ao estudante a questão de que a todo instante partículas ionizantes

atravessam nosso corpo, um processo sempre vai acontecer e é natural, desmistificando talvez conceitos pejorativos em relação à radiação além de tornar visível este processo, podendo apresentar este assunto de uma forma mais palpável ao estudante, ao invés de se prender apenas na idealização ou abstração da teoria.

A localização do experimento proposto por Laganá sugere que a formação dos professores experimentadores poderia ser enriquecida por meio do hábito de acesso a literatura especializada, como, no caso de Laganá, a Revista Brasileira de Ensino de Física. Entretanto nas entrevistas analisadas, nenhum dos professores fez menção a essa prática de estudos ou de prática, sugerindo uma lacuna na formação inicial para atividades que poderíamos chamar de autoformação.

Com relação a formação dos professores, as impossibilidades como a da temática de Física Nuclear não refletem apenas a importante preocupação com a segurança, mas lacunas na sua formação. Formação essa que também reflete preferências e facilidades, como se evidencia em temáticas como Mecânica e Elétrica.

Ainda em relação a experimentos didáticos de física moderna/nuclear, o tópico na física do ensino médio é escasso, como também é na graduação em licenciatura, visto que esses assuntos são abordados somente no bacharel ou em laboratórios experimentais com um aparato experimental difícil de ser reproduzido normalmente. Portanto, a formação na graduação pode ser a oportunidade de ampliar os conceitos de tais áreas consideradas sensíveis ou críticas, uma vez que é possível reproduzir experimentos didáticos de tais áreas, como foi apresentado anteriormente.

Outro fator que pode ser determinante para o uso de novos aparatos experimentais didáticos é a busca dos mesmos em revistas especializadas, como, por exemplo, no caso da câmara de nuvens, a Revista Brasileira de Ensino de Física. Aprender a consultar estas revistas especializadas pode ser fundamental na formação do professor experimentador, pois fornece novas perspectivas e possibilidades para experimentos didáticos, principalmente nas áreas mais

modernas e inovadoras da física, fazendo com que não nos prendamos aos assuntos clássicos e tradicionais somente.

## 8 REFERÊNCIAS

ANDRADE, J. A. N. **Contribuições formativas do laboratório didático de física sob o enfoque das racionalidades**. Dissertação – Mestrado, UNESP Bauru, 2011.

BENETTI, B. **O tácito e o explícito: a formação de professores de ciências naturais e biologia e a temática ambiental**. Tese (Doutorado) – UNESP -- Araraquara, 2004.

BRAGA, João Guilherme. **Professores experimentadores: perspectivas de docentes de física sobre o uso de experimentos didáticos na educação básica**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) - UNESP, [S. l.], 2016.

BRIOSCHI, L. R.; TRIGO, M. H. B. **Relatos de vida em ciências sociais: considerações metodológicas**. Ciência e Cultura, v. 39, n. 7, p. 636, 1987.

CHALMERS, A. F. **A fabricação da Ciência**. São Paulo: EDUNESP, 1994.

GASPAR, A. **Atividades Experimentais no Ensino de Física: Uma nova visão baseada na teoria de Vigotski**. 1ª Ed. São Paulo: Livraria da Física, 2014.

GONSALVES, E. P. **Conversas sobre iniciação à pesquisa científica**. Campinas, SP: Alinea. 2007.

IZZO DE OLIVEIRA, A.G.; ROCKENBACH, M.; PACINI, A.A.. **Raios cósmicos e a heliosfera**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 36, n. 2, p. -, Jun. 2014.

LAGANÁ, C. **Estudo de raios cósmicos utilizando uma câmara de nuvens de baixo custo**. Revista Brasileira de Ensino de Física 33, 3 (2011)

LONGAIR, M. (2014). C.T.R. **Wilson and the cloud chamber**. Astroparticle Physics, 53, 55–60.

NAKAMURA, K. and Particle Data Group. **Review of Particle Physics 2010** J. Phys. G: Nucl. Part. Phys.37075021

RAMOS, E. M. de F. **A Circunstância e a Imaginação: O Ensino de Ciências. A Experimentação e o Lúdico**. Tese (Doutorado) – USP Faculdade de Educação, 1997.

SÉRÉ, M. G; COELHO, S. M; NUNES, A. D. **O papel da experimentação no ensino de física**. In: Caderno Brasileiro de Ensino de Física. v. 20, n. 1, p. 30-42, abr. 2003.

SILVA, C. C.; MARTINS, R. A. O papel do experimento na óptica de Newton. In: ALFONSO-GOLDFARB, A. M. et al. **O saber fazer e seus muitos saberes: experimentos, experiências e experimentações**. São Paulo: Livraria da Física, 2006.p. 204-226.

## 9 APÊNDICE A

### Transcrição entrevista com o professor A

00:00 - Entrevistador: você considera o uso de experimentos didáticos de física um recurso em atividade sala de aula?

Professor A: Não laboratório sala de aula mesmo? Considero para demonstrações. Para mim é sempre que eu pude fazer eu fiz. Tem coisas que são difíceis, mas sempre que a gente pode fazer, é que realmente às vezes é capaz de motivar um aluno, até definir a carreira do meu ponto de vista.

00:40 - Entrevistador: por que o uso de experimentos é relevante para ensinar física?

Professor A: Eu sempre achei que se você puder antes de introduzir um assunto poder mostrar um fato concreto uma demonstração que sirva como uma alavanca. Eu não sou muito favorável, não é que eu não sou favorável acho que isso cabe também mas vamos supor uma situação como a pessoa que dá um Show, no caso show de física é uma atividade importante eu acho que é uma das coisas mais importantes que você faz aqui mas você precisa ir além porque no caso você tem de utilizar uma demonstração para você introduzir um assunto, quer dizer, se você conta, faz uma demonstração depois usa aquilo para introduzir o tema/teoria eu acho que do ponto de vista da fixação para o aluno é muito mais marcante. Se você vai ao quadro e já começa só expondo as vezes pode ficar cansativo. Eu sempre achei que as pessoas, cada um de nós é muito diferente do outro né, mas eu tem pessoas por exemplo que gostam de ter uma memória fotográfica, ela gosta de esquema de desenho outras não, gostam de abstração. Então às vezes com uma aula teórica pessoa se encanta o outro que gosta de uma coisa mais real mais concreta às vezes perde o interesse. Então todas as vezes, por exemplo nesse curso de introdução ao Eletromagnetismo, fundamentos né que eu tô repetindo ele tá bem mais organizado mas cada coisa que você mostra é para poder falar e uma teoria entendeu, mostra um experimento de eletrostática que é um assunto muito rico. Então você mostra um experimento poder das pontas, por exemplo, mostra o torniquete elétrico, mostra o sopro, mas

o que está por trás disso? Qual é a física que tá por trás disso? Aí você aproveita esse como gancho para poder falar entendeu então, por exemplo, no trabalho que nós estamos fazendo agora que é sobre um marcador de tempo do tipo do PSSC (eu tenho uma fita aqui) você atrela uma fita no carrinho e você registra o movimento do carrinho porque vai picotando a fita. Você já viu, tem vários tipos. Então se você mostra para o aluno, por exemplo, uma fita com espaçamentos iguais, uma fita que tem um feixe com espaçamento maior, afastamento reduzido, espaçamento que vai aumentando fica muito mais fácil você falar da, introduzir a cinemática, o estudo do movimento, mostrar que tem que definir grandezas para caracterizar isso né. Então eu acho que para mim, não quer dizer que sempre é possível, mas sempre que possível eu acho que a pessoa deve utilizar isso como um gancho né.

04:49 – Entrevistador: como considera o trabalho adicional no uso de experimentos em relação às aulas teóricas?

Professor A: Trabalho adicional você quis dizer fazer um laboratório?

Entrevistador: Toda a preparação. Você construiu o experimento para poder levar ele para sala de aula.

Professor A: para o professor?

Entrevistador: é porque o professor tem que fazer todo um preparo antes de levar para sala de aula para montar aula, verificar erro esse tipo de coisa para poder levar na sala de aula e aí comparado com a preparação de uma aula teórica

Professor A: Bom, pela minha experiência própria o que eu percebo é o seguinte que quando você vai fazer alguma coisa nova percebe que, não é que não sabe nada, mas que aquilo que tá escrito bonitinho na hora de fazer é outra coisa então isso enriquece a formação do professor, essa parte do preparo porque nós estamos tendo um exemplo agora, eu tô dando esse curso aí que é totalmente experimental que você já fez, e junto com o professor Makoto que é o responsável pela disciplina. Professor Makoto é essencialmente teórico né então Muitas das coisas que a gente vê na sala ele não viu, não é que esteja ruim, mas tá sendo

uma troca tanto para mim como para ele bastante útil porque tem coisas que para mim são óbvias e para ele que sempre só lidou a teoria parece estranho, ele que nunca viu então ele tem uma oportunidade de associar a teoria com fatos reais e eu por outro lado quando tenho duvida agora tenho a oportunidade de conversar com alguém que entende mais da teoria então é uma troca útil. Agora para formação do professor eu acho que é essencial. Eu entendo que, você viu aquele curso, o fato de você, o professor, fazer uma coisa que depois não pode ser reproduzido isso não deveria impedi-lo de continuar no processo porque você tem tá preparado para as várias situações uma hora você trabalha no Colégio que não tem recursos nenhum, vai fazer coisas mais modestas, mas você pode ir para outro lugar que te dê todos os recursos e daí? Então no início da minha carreira, isso em 1968, eu me defrontei com uma coisa curiosa porque tinha um professor muito amigo meu que era o responsável pela disciplina de física no instituto de educação lá em São Paulo, só que ele ia fazer outra coisa e queria indicar alguém que realmente pudesse utilizar o equipamento que tinha na escola porque naquela época o governo mandou comprar Todo o material do PSSC e dentro da escola tinha um tinha tudo que você imaginasse do material do PSSC para fazer os experimentos, mas nenhum professor se arriscava fazer tá tudo fechado então ele compromisso que ele queria era se eu acertasse dar as aulas no lugar dele era para utilizar o material e quando eu fui para Marília, São Paulo que apareceu oportunidade lá foi a mesma coisa o compromisso era que utilizasse as coisas que tinham no laboratório mas para isso você tinha que estar preparado. Então veja, eu tô com 74 anos mas eu tô aprendendo todos os dias, eu vou lá para o laboratório na aula eu vou contar para você pode parecer estranho mas tem semana que eu gasto 20 horas fazendo para falar duas, três horas agora é claro que as pessoas não têm esse tempo mas quando eu digo que gasto 20 horas é porque também você lê artigo relevante, esse daqui por exemplo é para com uma aula que eu vou dar, mas ver se é possível utilizar coisas já publicada. Então eu acho que é extremamente importante e para formação é fundamental. Tem uma coisa que sempre me disseram: “há uma diferença muito grande entre aqueles que têm uma ideia de como faz e entre aqueles que têm uma ideia de como faz e sabe fazer”. Porque não adianta ‘Eu tenho uma ideia deve ser assim assado’ mas às vezes ele não faz porque também não quer, porque dá trabalho, são coisas muito trabalhosas. Tem coisa que você gasta 10 horas, 20 horas, 30 horas né.

Quando eu fiz o doutorado para fazer o canhão de elétrons foram dois anos de trabalho, fazer a máquina para fazer o trabalho porque deixaram claro que fazer a máquina não dava nada se eu não utilizasse a máquina para fazer medida, voltava para casa e pronto, mas trabalhar dois anos em cima de um negócio precisa de muita vontade, muita disciplina né, força de vontade. Então tem pessoas que não querem meter a mão na massa agora é lógico que cada um tem um potencial, um tem mais habilidade ele deve explorar isso né, não quer dizer que todo mundo tem que fazer a mesma coisa. Eu acho que se você sempre que puder fazer alguma coisa extra, paralelo para enriquecer sua aula valeu a pena né desde que tenha tempo também só que a vida do professor é uma vida meio dura mesmo. Eu arrumava tempo trabalhando até sábado e domingo botando a família para ajudar, colocava todo mundo na dança como continuo fazendo hoje né, trabalho em equipe né

11:54 – Entrevistador: Como sua formação na licenciatura em física te contribuiu para o uso de experimento de física?

Professor A: A formação em licenciatura em si não sei se contribuiu muito. O que contribuiu muito é que fiz o curso instrumentação para o ensino de física com o Professor Antônio Teixeira Júnior né e ele era um professor que ajudou introduzir o PSSC no país e o curso dele era sobre os quatro volumes do PSSC, em inglês é um volume só, mas no Brasil foram quatro volumes e naquela época só se falava do PSSC, 1966, 67 E aí nesse curso você é obrigado estudar os quatro volumes, fazer todos os experimentos pertinentes porque o PSSC não era só o texto você tem um conjunto de experimentos. Então se fazia, tinha um laboratório, tinha uma série de filmes né, looper, então o curso foi de 8 horas e isso realmente mudou a minha vida porque eu não era um aluno muito ruim e também não era brilhante, mas a física que eu sabia, Eu não tô criticando o livro que até hoje eu uso, o Halliday tinha acabado de ser traduzido, no primeiro ano ainda não tinha sido traduzido, só depois foi traduzido. Então meus cursos de física 1 e física 2 né foram cursos muito bom só com professores muito bons e exigentes. Para você ter ideia o volume de física 2 do Halliday, não sei se você conhece é eletricidade, magnetismo, óptica, ele foi feito de cabo a rabo era um capítulo semana e doa quem doer e com todos os problemas. Então o curso foi puxado, foi dado pelo professor Moscati né e aí eu aprendi uma física do Halliday,

não tem nada contra a física do Halliday é que na realidade quando apareceram outros livros como o do Feynman, do Alonso, o pessoal começou a perceber que para você aproveitar um livro como o Halliday deveria ter passado pelo PSSC aí você aproveita. O Feynman, o Alonso eles dão isso como um pré-requisito para o aluno que quer realmente aprender física e por que o PSSC era importante porque ele não foi feito por um professor, foi por uma equipe muito grande e depois foi testado com milhares de professores né e é um curso que foi escrito também por pessoas que faziam física. Então quando você ler, por exemplo, em mecânica o capítulo de trabalho o professor secundário diz “o trabalho é força vezes deslocamento” tá, o PSSC gasta algumas páginas pra dizer que você precisa ter uma grandeza para medir energia, para medir transferência de energia e essa grandeza é o trabalho agora porque o trabalho é interessante definir como uma coisa que é proporcional à força e proporcional ao deslocamento então tem toda uma discussão por trás disso então as fórmulas, as coisas não são introduzidas assim de graça existe uma discussão para justificar aquelas fórmulas. Isso mudou totalmente a minha visão porque acho que faltou orientação talvez dos professores ou eu era limitado na naquela época e não sabia, eu acho que ainda sou mas eu melhorei bem e eu comecei a perceber o que realmente era física com o PSSC e isso foi feito no quarto ano. Então isso foi uma mudança radical na minha vida porque embora eu tivesse feito no laboratório de física 1, física 2 os laboratórios que eu fiz no quarto ano do PSSC é que mostraram pra mim o que é realmente física aí mudou totalmente a minha vida né. Para mim as cadeiras do bacharelado, que eu tentava fazer as duas coisas juntos, mas para mim eram um pouco árida demais naquela época depois eu fui obrigado a fazer por causa do mestrado doutorado, mas enquanto fazia isso eu achei que era melhor não e também porque eu tinha bolsa de iniciação científica com esse Professor Teixeira e essa essa bolsa é totalmente voltada para a construção de aparelhos e sabiam que eu era fazedor de coisas quando precisavam de alguma coisa para demonstração vinham atrás de mim. Então isso quer dizer se pensar bem eu devo isso essas pessoas né Prof. Plínio, Prof. Antônio Teixeira Júnior, Prof. Moscati. Moscati mais tarde me pediu para fazer um eixo que girasse suspenso no ar né, numa camada de ar e na hora que foi a primeira coisa que eu fiz lá e a partir daí depois que eu me interessei pelos pucks né eu o puck virou o tema do mestrado né e depois escrevi 2,3 artigos sobre isso então são circunstâncias que você,

oportunidade que apareceram você agarrou aquilo e acabou mudando a sua vida talvez se não tivesse acontecido isso eu não sei o que seria né, Acho que não estaria tão feliz quando tu hoje né porque realmente eu me sinto assim realizado com as coisas que eu faço Então essas publicações desde que eu passei a ser voluntário eu tenho escrito um trabalho por ano então tem um até no quadro que saiu então são todas as coisas ligadas a trabalhos de alunos, de bolsas de iniciação da Fapesp, CNPQ e então tudo aí que eu aprender com Gross, quer dizer, você precisa ter uma ideia, um sonho mas você precisa perseguir também aquilo entendeu, precisa ir atrás porque eu tenho costume de, todas as ideias eu joga numa pasta mas periodicamente consulto a pasta para ver o que eu já fiz entendeu porque não adianta ter ideia e ir jogando por isso que eu disse tem uma diferença entre “a este tem uma ideia de como faz e tal” Mas é para fazer é outra coisa agora é claro que isso depende um pouco da habilidade de cada um é por isso que eu acho que o trabalho também tem que ser coletivo. Agora que você viu conversando com ele que nós estamos fazendo, o Agnaldo, isso daqui é amostra de figura que fizeram no computador né, que fizeram não, que ele fez, quer dizer eu sou capaz de fazer a mão no papel ligado então eu faço isso aqui, por exemplo, isso eu que fiz tá bom, mas para efeito de publicação você tem de trabalhar com alguém que seja capaz de cada um fazer uma coisa, por exemplo, outro trabalho que saiu aí foi capa de revista do American Journal com trabalho em três ou quatro, o Makoto, por exemplo, foi programação de computadores, o outro foi na parte da Montagem experimental que foi minha mas a medida com o osciloscópio a técnica é do Agnaldo então um tem a ideia, o outro ajuda a escrever, quer dizer, é muito difícil fazer um trabalho assim isolado, por isso que eu digo como cada um tem um potencial tem juntar essas pessoas e fazer com que essa união de forças acaba saindo alguma coisa entendeu agora nem lembro mais a pergunta.

21:42- Entrevistador: Há algum tópico de física mais relevante para o uso de experimentos?

Professor A: É difícil dizer, eu acho que é uma questão de gosto tem experimentos que chamam muita atenção, experimentos de eletrostática, por

exemplo, Eu sei por experiência própria que chama muita atenção. Agora como é que eu sei disso é porque tenho uma sobrinha que se formou matemática aqui quando ela voltou para cidade dela não tinha professor de física então eu ela foi ensinar física mas ela não tinha uma formação completa de física mas tinha uma vontade impressionante pra estudar. Ela me procurou muito, é de outra cidade mas várias vezes “ô tio não tem alguma coisa eu posso fazer” então várias dessas coisas que eu mostrei para vocês eu passei para ela e emprestava, não só para ela mas muita gente que ia dar aula e resultado, ela ficou uma professora bastante bem vista na cidade tanto que essas aulas que ela disse que mostrar essa eletróforo acender a lâmpada de neon, o eletroscópio que ela levou que emprestei, um eletroscópio de folhas de ouro, aliás que deve estar com ela ainda nem sei onde é que tá então ela levava depois devolvia, depois levava e tudo isso ela fazia demonstração em sala de aula e entre outras coisas também mas tudo que podia demonstrar ela demonstrava. Agora eu achei interessante que desses alunos dela que eu me lembre de cabeça tem uns três ou quatro vieram fazer física exatamente aqui né, então um deles eu tenho certeza é desse trabalho aqui, nós estamos fazendo e fez o trabalho de TCC comigo e tem outro aluno que foi orientado meu e todos foram meus alunos aqui e essas pessoas vieram fazer física por causa das aulas dela, eles revelaram isso alguns até agradeceram nessa página de agradecimento nos trabalhos, então eletrostática assim, por exemplo, é uma coisa bacana mas não mostrar só para fazer, achar uma coisa bonita dar choquinho não. Você chegou a fazer física 2 comigo? Não. Mas por exemplo eu fazia uma, quando eu ia falar da corrente alternada estudar indutância, os alunos não tinham chegado ainda na, dependia de física 2 ter dado corrente alternada ou não então capacitância, resistência essas coisas é um negócio de fácil mas indutância não era uma coisa tão familiar aí eu fazia uma série de experimentos que era para mostrar a existência da força eletromotriz, contra eletromotriz, eletromotriz induzida em algum desses experimentos envolvia também dar choque, pequenos choques nas pessoas e tal, movimentava um imã rapidamente sem pele na bobina. Mas isso nunca foi feito de graça entende era um negócio marcante mas você tinha 40 minutos, 50 minutos de demonstrações agora depois você vai na lousa e vai definir indutância então voce usou tudo aquilo como um gancho para levantar um assunto agora cada um tem que descobrir o que dá para fazer porque cada trabalho meu uma hora é mecânica, uma hora é

eletricidade, outra hora é eletromagnetismo o que precisa é ter uma ideia absorvente né, você precisa ter um problema entendeu Por isso que eu digo na sua vida você tem que ter uma interrogação na cabeça, tem que ter sempre uma questão e tem atrás também a resposta entendeu

26:48 - Entrevistador: Haveria possibilidade de considerar os experimentos de maneira irrestrita no ensino de física?

Professor A: Eu não sei se eu entendi bem a pergunta eu acho que pra efeito de demonstrações, demonstrar em sala de aula antes de iniciar um problema sempre é possível fazer. O professor começa falando, mostrando uma coisa bom agora vamos procurar entender isso, formalizar então isso eu acho que sempre é possível fazer agora o irrestrito não sei o que você quer dizer, se todos os assuntos dá para fazer, não dá, Talvez um assunto de outro não dá mas o pouco que você fizer pode se tornar marcante né e agora do ponto de vista do laboratório, vamos dizer, ter aulas teóricas depois vai no laboratório fazer eu acho isso por enquanto difícil. Primeiro os lugares que já tinha um laboratório não tinha um professor formado para isso porque no passado, quando você não era nem nascido, tinha muitas escolas com bons materiais do PSSC mesmo em Rio Claro eu soube que tinha escolas estaduais com tudo completo mas nunca foi usada por que você não tem pessoa treinada para aquilo, então eu não vou dizer que o professor é mal formado mas para laboratório o professor tem que ser treinado. Você não pode acordar de manhã “hoje eu faço experimento disso” você vai lá só quebra a cara né entendeu. Em São Paulo eu acabei sendo monitor dessa disciplina instrumentação para o ensino de física, eu e a outra professora que também era responsável nós gastávamos Às vezes o dia inteiro vendo todo o material que ia ser usado naquela aula, quer dizer, ver o material, ver se tava compatível, se estava funcionando, tinha que fazer antes então eu acho assim de maneira irrestrita eu não vejo como a menos que se tenha cursos como o pessoal que esta pensando em fazer de educação integral né, o aluno ficar o tempo todo na escola aí a escola teria de ter o laboratório mas eu trabalhei num colégio que tinha sala com máquinas datilográficas porque era um colégio de aplicação que se achava que era interessante que o aluno soubesse isso, tem a sala inteira mas um

dia alguém precisou da sala para expandir porque tinha muito aluno aí fechou-se a sala de datilografia, encostou todas as máquinas entendeu, então aí fica difícil resolver. Tô dando um exemplo atípico assim de máquina de escrever mas tem muitos lugares que às vezes elimina o laboratório para criar uma sala de aula então se você tivesse professores motivados e preparados para dar laboratório e lutar por ele Talvez não deixasse fechar uma sala. Então assim de forma irrestrita tenho impressão que tá um pouco longe ainda mas em sala de aula é sempre fazer alguma coisinha tá e só para completar o professor também não pode imaginar que a mensagem dele vai ser assimilada, absorvida por todos os seus alunos se você conseguir cativar dois alunos já valeu a pena porque um assunto atinge um, outro assunto atinge outro cara. Tem gente que não tem nenhuma emoção diante de alguma coisa entende, por exemplo, no meu doutorado o professor Gross que já falecido deu um trabalho ele falou “nós queremos fazer o canhão de elétrons” depois se jogasse o feixe de elétrons na amostra tinha que aparecer um certo pulso que ele nunca viu e ninguém tinha visto então a ideia era, o doutorado não era isso mas uma das coisas que ele ficar invocado era isso e eu trabalhava muito porque ficar aqui e lá então quando ia lá ficava até meia-noite. O dia que, quando a máquina ficou pronta, que eu tinha uma ideia de como resolver o problema e isso foi um trabalho muitos meses, a hora que eu vi esse pulso um negócio assim que se eu sofresse o coração eu acho que tinha morrido porque foi uma coisa emocionante que eu quase que choro né, não sou de chorar, mas que fiquei emocionado fiquei. Então agora mas se outra pessoa vê um pico ali sabe podia não dar nada. Então tem uma coisa, agora é lógico que você fica emocionado porque você trabalhou meses e meses atrás daquilo, é lógico, mas às vezes numa sala de aula a pessoa mostra alguma coisa que realmente desperta curiosidade alguém. Acho que agora nem lembro mais o que tava respondendo

33:17 - Entrevistador: Há algum experimento que lhe chamou mais atenção quando usado em sala de aula?

Professor A: Usado em sala de aula? Você diz assim, eu dando aula?

Entrevistador: uma aula que você deu usando experimento e ele chamou alguma atenção dos alunos ou teve algum comportamento que chamou mais

atenção dos alunos quando você usou ele, tem algum especificou ou uma série de experimentos

Professor A: tem coisas engraçadas mas não sei. Em um dos cursos que eu dei, um curso optativo era técnicas contemporâneas, um dos experimentos era medir a velocidade de uma bala de espingarda de pressão né e esse experimento ele é extremamente interessante porque como é que mede a velocidade da bala? Ela não é irrelevante. Agora de cabeça eu não lembro, devo ter anotado, deve ser uns 200 metros por segundo, dessa bala, agora você mede mede uma coisinha assim, passa a 200 metros por segundo. Eu tenho um equipamento foi feito através de descarga de capacitor, o experimento eu achei interessantíssimo mas esse despertou muita atenção, eu não sei se pela física mais pela espingardinha. O que ficou de física eu não sei mas no caso um monte de aluno que nunca tinha dado um tiro com a espingarda queria dar tiro, é lógico, eu espero que tenham aproveitado alguma coisa mas essas experiências de choque também, é perigoso, não se deve fazer isso assim, sem um mínimo de conhecimento mas é uma coisa que a pessoa nunca mais esquece né. A minha ideia era que a pessoa sentisse a força eletromotriz, a contra eletromotriz. Quando você tem um circuito tem uma alta indutância, quando você desliga, por exemplo, ele sai uma Faísca na chave né esse é o efeito da força da eletromotriz auto-induzida né e você só pode fazer isso mostrando, vendo mas se levar o choquinho fica inesquecível mas eu não sei dizer, é todas as experiências que eu faço quando dá bem sucedido eu gosto agora não quer dizer que o aluno não goste. Já teve uma aula que me pediram para dar para os matemáticos, eu fiz uma espécie de um conjunto de experimentos envolvendo eletrostática, gerador Van der Graaff, eletróforo, poder das pontas, etc... E deve ter sido bem-sucedido porque a classe aplaudiu depois, eles vieram me cumprimentar, nunca tinha acontecido isso mas não sei se foi.. é porque é uma aula só e é fácil de fazer agora precisa ver sustentar isso o ano todo né mas assim, agora outra coisa não tenho ideia.

## 10 APÊNDICE B

### Transcrição da entrevista com o professor B

00:02 – Entrevistador: Você considera o uso de materiais didáticos de física um recurso em atividades de sala de aula?

Professor B: Se eu considero um recurso? Considero, muito.

00:15 - Entrevistador: Por que o uso de experimentos é relevante para ensinar física?

Professor B: A física é uma ciência natural, então, ela é parte da natureza e na minha concepção é impossível ensinar física para alguém sem botar em contato com a natureza e o experimento trás a natureza para dentro da sala de aula, na verdade trás para o aprendiz né. Aquele que está lidando com o aprendizado de física, e aí ao fazer ele se depara com o fenômeno e isso é importante ele conceber o fenômeno, a concepção de física ela está muito ligada, ainda está ligada a questão de saber fazer equação resolver equação, isso é matemática isso... Não é que não seja importante, a física faz uso desta linguagem, mas se não consegue um conceito, você não está sabendo física.

01:24- Como considera o trabalho adicional no uso de experimentos em relação às aulas teóricas?

Professor B: Faço muito isso, eu uso muito experimento. Eu faço tanto experimento, mas tanto experimento, que uma das escolas ela acabou me convidando para dar aula de experimento, já não é específico de física aonde você segue aquele conteúdo programático do ensino médio, você monta baseado nos experimentos, então eu vou lá faço e puxo isso para a física, mas dá muito trabalho. Então eu acho que muita gente não faz por causa do trabalho que se tem, para você montar uma aula experimental você tem que ter certeza que o experimento, o fenômeno vai acontecer. Eu já passei por situações, por exemplo, que eu fui fazer a ressonância num copo, para o copo quebrar com o som, e não quebrou. Às vezes o dia está úmido demais e você faz uma atividade de eletrostática e não funciona, quando eu era ainda aluno do Eugenio, eu lembro de uma situação que a gente foi visitar o CDCC em São Carlos, e aí a pessoa falou

que o gerador Van der Graaf não está funcionando e "eu acho que está com algum problema", aí eu fiquei olhando para aquele gerador Van der Graaf, peguei e olhei assim " Ele não está com problema, ele está funcionando" "eu to achando que o dia está muito úmido", aí eu pedi um secador, alguma coisa que tinha ali perto que ajudava a secar a máquina, a gente fez aquilo secar um pouquinho e o negócio voltou a funcionar. Então por exemplo, quando você vai lidar com a experimentação, você tem que lidar com cuidados de que aquilo vai de fato acontecer, porque senão você acaba se expondo, as pessoas que estão... Você cria uma expectativa nas pessoas e essa expectativa foi frustrada, e quando você frustra uma expectativa, eu tô apresentando um conhecimento, eu to apresentando um conceito e ele não dá certo passa ser a sua palavra que fica em dúvida. Então dá muito trabalho de fazer um experimento acontecer e dar certo, além do que a impressão do curso para o experimento nem sempre é fácil, então existem coisas extremamente simples, então eu vou fazer um ludião, por exemplo, é extremamente simples ou então não dá é difícil dar problema, mas ele encanta até certo ponto, agora quando eu proponho de montar um motor de stirling, por exemplo, para discutir um ciclo termodinâmico, discutir a energia interna, aí é, se precisa ter muito cuidado porque o trabalho em se montar um é muito grande e quando você propõe fazer experimento você vai propor de que forma, você só vai reproduzir o experimento em sala de aula é uma, "esse motor está funcionando" você vai pedir para estes alunos fazer a experimentação? Então é mais complicado, você tem de se certificar de tomar certos cuidados. Esse aprendizado em lidar com o experimento foi uma coisa que eu mais tive fazendo do que na própria universidade, alguma coisa o Eugenio propôs quando eu fiz prática de ensino com ele, e ele propunha: "você tem que trazer o experimento, você tem que trazer o experimento" e eu como já fazia alguma coisa eu acabava levando, mas dali entre o ideal de se propor alguma coisa e as coisas efetivamente começarem a acontecer de modo mais veicular, de modo mais eficaz, de forma que funcionasse aí foi um bom tempo, foi muita cabeçada até perceber de como montar hoje em dia os roteiros, às vezes, no começo eu via muito como eu estava enxergando e eles não enxergavam então tive de aprender que linguagem eu vou ter para que eles entendam o que significa um conceito de física lírio. No caso do Ludião o quê é o empuxo, o que foi a densidade, qual é o volume dentro do dispositivo lá que eu usei, de insulina, como é que chama... Uma ampola de

insulina. Então, é tão distante, é tão distante, que até o nome das coisas geralmente eles não conhecem, então é assim, pro professor que se propõe a fazer um experimento, e existe uma coisa, que é assim eu sou reticente, hoje tem os sites de ciência aí que mostram muitas coisas de ciência, tem muita coisa legal estar mostrando, mas eu diria que é muito pirotécnico. Então quando eu vejo... Um deles é o manual do mundo, que fez sucesso aí pra caramba, se você não tem o conhecimento, ele próprio do manual do mundo não é da área de ciências ele é jornalista, ele não consegue explicar, houve uma série de críticas lá em relação em como ele coloca. Então, é assim, é sedutor, tem aquele lado sedutor do experimento, mas fica faltando o aprendizado. E eu verifico isso nos meus alunos, quando eu peço para eles: "Agora vocês vão fazer um experimento", eles correm e vem, "ah vamo fazer isso, isso e isso" e aí quando você começa a perguntar, "e aí como é que tá? O que é isso? O que significa isso? O que aconteceu?". É pirotécnico, entendeu?

07:06 - Entrevistador: Como sua formação na licenciatura em física te contribuiu para o uso de experimentos em física?

Professor B: Olha, foi muito pouco, embora tenha sido em licenciatura, eu acho que assim, os experimentos que eu mais vi, foram os experimentos de física que são os experimentos de física 1, de física 2. Havia uma disciplina, experimentação para o uso de física, que ela não foi dada inteira o professor na ocasião tinha um comprometimento com a pró-reitoria de vestibular, então as vezes acontecia às vezes não acontecia, mas assim teve alguma coisa. Se eu faço uso de algum daqueles experimentos que foram feitos lá? Eu acho que de física 2 eu faço, porque quando eu aprendi a mexer no osciloscópio, então nas minhas aulas de ondas, eu uso o osciloscópio, mostro para eles, questão da frequência, altura do som, nível de intensidade sonora então tudo isso com um osciloscópio que tem online, e até mesmo que você consegue baixar no computador e é razoável, dá para fazer muita coisa. Então aquele ficou forte para mim, o outro que foi forte veio através de prática de ensino que era o da oficina de eletrostática, em função da versatilidade, do custo baixo então esse aí eu também vi, enfim a principal contribuição era essa. Eu ainda acho tudo isso, tudo muito... eu não sei como é que tá hoje, há um bom tempo eu não tenho estado junto da universidade, para ver como está o ensino de... pelo menos na UNESP onde eu

fiz, talvez hajam coisas muito boas por aí, mas ainda eu acho que engatinha muito.

09:48 - Entrevistador: Quando em sua formação ficou claro o uso de experimentos como uma estratégia relevante de ensino? Isso foi mais significativa na Educação Básica, no ensino superior ou no exercício da docência?

Professor B: No exercício da docência, foi quando eu comecei a dar aula e quando você cria um padrão de comportamento que você vai mostrar uma coisa para eles é impressionante, cria-se uma expectativa de que eles querem saber o que vai acontecer, coisa simples assim, de que você entra com um pacote na mão, eles já querem saber porque eles já vão associando que vão ver alguma coisa diferente, então você na verdade está propondo para eles uma coisa muito diversa no dia-adia deles, eu imagino até que, que se fosse o contrário, se a gente só fizesse o experimento, tivesse o mesmo tanto de aula expositiva tivesse de experimento seria o contrário, aquilo ia ficar saturado, mas não, como tão saturado de ficar vendo professor falando e tudo mais. E eu percebi tanto isso, quando a gente, quando começa a crescer essa coisa do fazer experimento, você como professor, você começa a se exigir mais e aquilo não cabe mais na sala de aula, então quando a escola, ela não tem um laboratório você começa a levar isso para fora da sala de aula, então por exemplo assim, quando faz estudo de movimento variável, tem que levar para fora e lança foguete de garrafa PET, faz corrida de carrinho de rolimã, ou então vai no cozinha e vai cozinhar e fazer as coisas na cozinha, então você tira. Você tem que ter coragem para mexer na escola, você tem que cutucar a coordenação, a direção, tem que mostrar isso para os caras, né. A escola padrão, e eu até falo o nome da escola padrão, é anglo, objetivo, COC e enfim, esses sistemas de ensino fechado, essas daí, na minha concepção é o Mc Donald's da educação, então você chega lá, você pede o combo te dão o material didático, pronto está pronto e é isso que eles querem receber, eles querem comer isso, querem essa porcaria aí, agora quando você tem uma escola, que até possa utilizar esse material para poder vender o nome, e você consegue chegar a propor essas coisas, você tem um retorno, inclusive uma relação com o aluno né de expectativa, de sedução e estreita laços obviamente, você é visto de

forma diferente, a disciplina passa a ser vista de forma diferente, pode ser que eu não continue com toda aquela dificuldade de falar da matemática que a gente precisa, de entender de alguns conceitos, mas você tem uma aproximação. Se antes você não tinha nada, alguma coisa você passa a ter, algum ganho sempre tem. E eu vi isso quando eu comecei a docência mais explicitamente.

13:35 - Entrevistador: Há algum tópico de física mais relevante para o uso de experimentos?

Professor B: Não tem viu, eu acho que vai muito da afinidade do professor. Eu obviamente comecei com o que era mais comum, experiências de cinemática que são tão comuns e tal, mas hoje eu tenho uma preferência, a parte de termodinâmica porque fala das energias e ondas, ótica, ondas eu digo tudo né, a parte de ótica e a parte de onda mecânicas também, então eu tenho mais afinidade, tenho mais afinidade não eu tenho uma preferência por isso, foi desenvolvendo isso, que esses experimentos eles seduzem mais do que o bife com batata frita da cinemática ou mesmo da eletricidade, né. A eletricidade, não é uma coisa tão explícita assim, eles olham os resistores, o aquecimento, às vezes o efeito Joule, e tal, o que eles mais se encantam é com o magnetismo. Mas ainda assim quando você faz uma taça de vidro quebrar, você faz um motorzinho funcionar, você faz uma explosão, parece que o nível de sedução é muito mais forte, e isso, é opinião muito particular, daquilo que eu vivenciei com eles, mas eu não deixo de fazer mecânica, eletrostática.

15:19 - Entrevistador: Haveria a possibilidade de considerar os experimentos de maneira irrestrita no ensino de física? Considerar irrestrito? Sem restrição alguma?

Professor B: Eu acho complicado, por exemplo, outro dia um grupo queria fazer um experimento de ondas que envolvia gás, então não pode ser irrestrito, é preciso tomar cuidado, outro dia eu estava fundindo chumbo, o chumbo tava lá  $427^{\circ}\text{C}$ - $450^{\circ}\text{C}$  fundindo, e eu acho perigoso você tem que estar prevenido com isso, eu já era mais experiente né, tem que ficar o tempo todo alertando "Gente olha, o limite é chegar até aqui para poder ver, vamo observar ali no monitor da

temperatura, vamo observar que a curva é assim e tal". Encantador? É encantador. Querem pôr a mão naquele metal derretido, na hora que você "flui" o metal eles querem pegar na mão. Eu acho que se é irrestrito, eu coloco um questionamento, porque há tantos experimentos, imagina um experimento de física nuclear? Quando eu fazia geologia, teve um professor que levou umas cápsulas radioativas, então você leva isso, a cápsula lá em si tá tudo bem, mas e se você for de forma irrestrita e se a coisa for uma coisa, o cara que ver e... Não pode ser irrestrito, eu acho que é assim, é bem amplo, mas precisa ver restrições né, porque segurança tem, precisa pensar na... A exposição acontece, então é por esse lado, é isso que estou entendendo por irrestrito.

17:11 - Entrevistador: Há algum experimento que lhe chamou mais atenção quando usado em sala de aula?

Professor B: Existe um que eu montei, que é o lançador termodinâmico de projétil, que é um canhãozinho... Essa aqui é uma versão dele que ele dispara uma bolinha de ping-pong, o Eugenio tem um desse aí, não sei se ele já mostrou para você, quando encontrar com ele peça para ele te mostrar, você borrija o combustível aqui dentro que é o álcool, pressiona, aí aqui tem um ignitor e esse aqui lança a bolinha 20 - 30 metros é um estouro e eu acho que tudo isso combina, o tiro, o estouro, eles não estão esperando, esse é o que mais chama atenção. Tem outros obviamente, mas daqueles que eu faço, esse é o que mais chama atenção. E ele chamou tanta atenção, tanta atenção quando foi feito pela primeira vez, que ele foi feito com filme de fotografia antigo. E isso chamava tanta atenção que as pessoas começavam tanto a pedir, pedir e pedir, que eu gastei um bom tempo produzindo cada ano que passava com qualidade melhor e ele chegou nesse modelo de resina hoje. Então ele todo já feito, com quase com que... Com resina, ele suporta pressões maiores, da pra por só oxigênio, e ele refletiu o experimento, não só aquela sedução, mas a evolução, inclusive um colega que trabalhou com isso foi fazer mestrado sobre a aplicação deste experimento em sala de aula. Então é o que eu considero de maior estrelismo, pra mim, e esse é da termodinâmica. E isso levou a um conjunto que na termodinâmica, então eu começo a discutir transformações gasosas lá com um experimento antigo, aí transformações no sentido, da seringa, de fazer aumentar a pressão, de diminuir a pressão, o volume e tudo mais, passa por isso aqui onde a gente discute um

pouco sobre termodinâmica e termina com esse daqui, o Eugenio tem um também que é o motorzinho de Stirling, então eu discuto o ciclo completo e as leis da termodinâmica né, e ele é feito com latinha e funciona muito bem. Esses experimentos fecharam um ciclo, um ciclo de aprendizado de termodinâmica né. Você vem lá de gases, passa pelas leis da termodinâmica e chega na eficiência de Carnot. Então é o que eu mais vejo de impressionante.

## 11 APÊNDICE C

### Transcrição da entrevista com o professor C

00:01 – Entrevistador: Como sua formação como professor contribuiu para o uso de experimentos de física?

Professor C: Então, na minha formação no curso de física, não é trabalhado tanto o uso de experimentos, então assim, a maioria das aulas que a gente tem é uma aula que não experimental e o professor não faz uso de experimentos, então na formação do curso de física nas matérias que eu fiz na licenciatura em física aqui na UNESP Rio Claro, as matérias onde eu usava os experimentos foram os laboratórios, laboratório de física I, laboratório de física II e o laboratório de estrutura da matéria, teve também o curso de instrumentação, o curso de fundamento de eletromagnetismo como o professor Hessel e a professora Lygia, mas enfim, a maioria das matérias do curso de licenciatura não aborda e as vezes o professor fica só mesmo na teoria, apesar de eu ter ficado feliz com o curso, gostei mas o experimento, eu acho no curso de licenciatura eu achei fraco, não só licenciatura, bacharel também, é uma parte que deixou a desejar, porque se a matéria não for relacionada ao laboratório o professor geralmente não leva experimento, foi raro o caso de o professor falar ó “Hoje eu trouxe experimento para a gente analisar”. Daí, na minha formação eu fiz parte do PIBID, e essa foi a principal contribuição para eu gostar mais de experimento e aprender a fazer também, aprender a utilizar, foi no PIBID onde eu tive a maior influência para fazer o uso de experimentos, temos aqui agora um espaço interessante que a gente pode construir, passar um tempo para bolar experimentos, então, no curso de licenciatura em física, o principal influente foi o PIBID, então para quem gostar de experimentos, o PIBID é bem recomendado, acho que é só isso.

02:19 - Entrevistador: Na sua perspectiva, por que o uso de experimentos é relevante para ensinar física?

Professor C: É completamente relevante, veja só, a gente pode começar com alguns exemplos, por exemplo, aqui no curso mesmo quando a gente aprendeu gravidade, o professor usa o pêndulo para a gente poder calcular o “g”,

então, a física é na realidade muito abstrata, ainda mais quando ela está junto com a matemática, então é uma matéria difícil e abstrata, então quando a gente vai calcular a gravidade, pensa se a gente não utilizasse o pêndulo para mostrar alguma coisa, porque veja, outro exemplo, quando a gente coloca lá na lousa uma bolinha e um vetor  $P$  para baixo, que é a força peso, que a gente fala que é a gravidade, força da gravidade, então isso é abstrato, porque quando você olha por aí, você não vê a bolinha com o vetor, você vai olhar no pêndulo que o professor falou, não tem esse vetor, então o experimento é um elemento de realidade, não que ele representa toda a realidade, mas um pouco, outro exemplo, a luz por exemplo, quando a gente vê reflexão, a gente faz a lei da reflexão, coloca um espelho faz uma flechinha que reflete no mesmo espelho e sai com o mesmo ângulo, mas quando você está se olhando no espelho, você não vai ver nada disso, você vai estar se vendo, você vê, olha como é completamente diferente, do que você está vendo no espelho e o professor está escrevendo na lousa. Então existe o experimento que você pega o espelho, coloca, é um spray para perfumar o ambiente, você espirra né você incide um laser, e você vai estar vendo esse raio, então aí a importância do experimento, mas uma coisa esses experimentos que estou comentando, são experimentos de cátedra, onde o professor está mostrando para o aluno, e usar isso, usar o experimento, você levar o experimento em sala de aula, já é uma ousadia, porque os alunos sempre têm a mesma aula, desde a primeira série talvez, não sei, porque eles sentam todos organizados e só tem que prestar atenção e copiar a matéria, agora quando você leva o experimento, essa aula pode mudar, isso já é uma ousadia, quando você pede para ele realizar o experimento, para ele construir o instrumento, isso é mais ousado ainda, porque os alunos, isso eu pude verificar na minha breve experiência no estágio, eles estão acostumados a fazer nada na sala de aula, então quando eu dava aula no estágio, os alunos nem copiavam mais, só que quando você trazia o experimento, quando você pedia exatamente para eles montarem alguma coisa, a postura já mudava, então os alunos estão acostumados a fazer nada em sala de aula, então um experimento pode chamar atenção, e o aluno realizar o experimento com suas próprias mãos pode ser mais ousado ainda, porque realmente vivenciando a física de alguma maneira, realmente está fazendo alguma coisa que pode ser relevante para o aprendizado, existe ainda dificuldade de você analisar estes experimentos, então só o experimento não basta, então a

gente não pode parar só no experimento também, tem que ir além, tem que trabalhar as formalizações matemáticas e por aí vai, então acho que é mais ou menos isso.

06:24 - Entrevistador: Como considera o trabalho adicional no uso de experimentos em relação as aulas teóricas?

Professor C: É assim, eu ainda tenho pouco experiência, mas o trabalho do professor é árduo, então, mesmo se ele for fazer aula experimental ou não, o cara vai ter trabalho, fora da escola inclusive, então a preparação de aulas tradicionais, vamos dizer assim sem experimento, também dá muito trabalho, porque você tem que ver vários livros tem que resolver exercícios, tem que pensar se vai surgir alguma dúvida do aluno, você tem que ir bem preparado, não é porque a aula não vai ter experimento que você não vai ter trabalho para preparar aula, então aula sem experimentos dá trabalho, então você vai gastar um bom tempo, só que quando você vai levar o experimento, as vezes você tem que levar essa aula e mais um experimento, por mais que seja um experimento muito simples, por exemplo ,um canudinho com papel, esse é um dos experimentos mais básicos que tem, acho, por mais que seja simples, você vai ter que fazer o quê, correr atrás de todo o material vai ter que ver se tem verba ou se vai ter que tirar do seu bolso, então por mais que seja simples, você vai ter mais trabalho, vai ter que sair da sua casa, vai ter que ir lá comprar, vai ter que ver quantos alunos tem para ver quanto de material se vai levar, quando é experimento mais elaborado, por exemplo, quando eu quis levar o pêndulo de Newton na oficina de física para os alunos verem, esse pêndulo de Newton, eu acho que fiquei uns 3 dias trabalhando em cima, e eu ainda acho que não ficou bom, eu acho que pode ser melhorado. Então é realmente gostar daquilo que você está fazendo, porque, dá trabalho mesmo, dependendo do experimento que você for fazer você tem muito trabalho, depois você tem que desenvolver uma teoria em cima daquilo, então é trabalhoso e é isso.

08:38 - Entrevistador: Quando em sua formação, o uso de experimentos ficou claro como uma estratégia relevante de ensino?

Professor C: Então, como eu disse, só o experimento não basta, então, eu não sei, pode existir outras coisas que também ensinam física, mas assim, na

minha formação durante o estágio, durante o PIBID e até nas aulas de laboratório, é possível observar que não... como eu disse, fica abstrato, fica estranho demais, uma aula sem experimento, porque você tem algumas coisas que precisa usar, e o interessante do experimento é que ele traz uma curiosidade aos alunos, então ele traz uma motivação, e isso acontece comigo, quando eu era aluno. Quando o professor de laboratório de física I usava os experimentos, eu percebi que eu ficava bem mais interessado na aula de quando ele ficava escrevendo. É uma coisa muito mais visual, mas assim, eu não sei se o curso de licenciatura em física usa o experimento por obrigação, porque o professor está dando aula de laboratório, então ele tem que usar experimento, ou se ele usa porque ele acha que é uma estratégia, uma metodologia de ensino, então fica essa dúvida, alguns professores eu sei que usam porque acham que é importante, mas eu não sei se todos fazem assim, por exemplo, no curso de laboratório de estrutura da matéria, é um curso em que o experimento é trabalhado de maneira muito pobre, porque às vezes o experimento leva dez minutos, mas o tempo em que você faz o relatório pode ser de uma semana, então tem que tomar cuidado de como o experimento é usado também, porque o laboratório de estrutura da matéria, é qual o foco? É fazer o relatório e achar os erros, as medidas ou você realizar o experimento e ver lá, a fenda dupla, fenda simples, então, tem que tomar cuidado aí, acho que é isso.

11:01 - Entrevistador: Há algum tópico de física mais relevante para o uso de experimentos?

Professor C: Eu não sei dizer se um tópico é mais relevante que o outro, mas veja, quando a gente fala “Sempre tem que usar experimento”, a gente defende o experimento, mas veja, por exemplo numa aula de física nuclear o professor não vai levar mercúrio para trabalhar com os alunos, não vai levar nada radioativo que prejudique a saúde de todo mundo, então a gente tem que pensar não em qual é o mais relevante, mas onde usar, em todas as áreas da física é possível usar experimento, quase todas, por exemplo numa aula de física quântica, como é que o professor vai fazer um experimento de física quântica ali? Então, acho que em quase todas as aulas o experimento é relevante, mas veja, física nuclear, física quântica, agora o que a gente pode e deve usar sempre, são as aulas de mecânica, as aulas de eletromagnetismo, as aulas de óptica, veja, em

todas as áreas, mas sempre com cuidado, então tem que ver como que elaborar esse experimento, então é aula de ótica, ai você vai falar “Bom, hoje a gente vai olhar pro Sol então”, claro que não né, então ele tem que ser sempre usado com cuidado, e o professor tem que trabalhar para ver se ele consegue um experimento da matéria que ele está dando, então sempre tentar usar, mas como eu disse tem que ter cuidado.

12:40 - Entrevistador: Haveria a possibilidade de considerar o uso dos experimentos de maneira irrestrita no ensino de física?

Professor C: Eu, enquanto for professor de física, eu vou sempre procurar trabalhar experimentos, claro, não toda aula experimento, experimento, experimento. Porque a gente precisa ver a teoria, precisa ver as formulações matemáticas, equações, então a gente tem que sair do experimento para realmente trabalhar na lousa e ver a teoria, resolver exercício, mas experimento deve estar sempre presente, sempre que possível, agora em uma escola particular, por exemplo, eu, mesmo que algumas escolas tenham a sua metodologia de ensino, se é que a gente pode chamar assim, ou é metodologia de passar no vestibular, então, na minha aula eu vou realizar como eu quiser, e eu não vou permitir que o cara fale você não de ve fazer isso, se ele falar, você não deve realizar experimentos aqui na escola, então eu vou embora, eu não sei se existe essa possibilidade, a gente tinha que fazer essa pergunta pros donos de escolas particulares, porque que não pode dar experimento, porque não pode levar o aluno na quadra para fazer uma aula diferente, então é assim, o experimento é essencial e a gente tem que usar, então eu não vejo porque restringir o uso de experimentos, a não ser que o professor queira fazer algum experimento que faça mal aos alunos, mas tirando isso não tem o porque restringir, e é isso.



## 12 APÊNDICE D

### Transcrição da entrevista com o professor D

00:00 – Entrevistador: Como sua formação como professor contribuiu para uso de experimentos de física?

Professor D: Acredito que durante a formação inicial, né, no curso de graduação a gente teve bastante contato com algumas técnicas de ensino, e uma delas que a gente levou bastante em consideração, tanto no estágio quanto nos programas de extensão, foi o uso de experimento né e eu entendo que o uso de experimento em sala de aula, ele vem para complementar a formação teórica do estudante, então a gente como professor ao utilizar técnicas um pouco diferente daquelas que a gente está acostumado, seria o método tradicional, lousa e giz né, a gente acaba também que se esforçar mais né, então acho que isso na formação de professores, pois ela, acaba impactando tanto na construção do seu conhecimento, mais sólido em física, tanto da prática quanto da teórica, quanto de você se ressignificar como professor, você entender qual é o seu papel como educador, eu acho que algo que faz você rever desde sua formação tanto teórica em física quanto sua formação pedagógica né, você pensar numa didática relevante, como você vai trabalhar o experimento e qual é a finalidade dele, eu acho que eu vejo assim, um pouco da minha experiência que eu tive no estágio usando um pouco de experimento, foi extremamente... é difícil, que é uma técnica diferente que você está acostumado, então ela contribui muito para sua formação, e acho que é mais ou menos por esse viés.

02:03 - Entrevistador: Na sua perspectiva, por que o uso de experimentos é relevante para ensinar física?

Professor D: Bom, o experimento sempre faz parte para complementar um pouco a teoria que você apresenta, a teoria que você ensina, acho que seria bom porque você consegue visualizar, não só visualizar a teoria acontecendo na prática, mas faz você pensar, então eu me lembro muito da matéria do professor Hessel, que a gente praticamente só utilizou experimento, e onde você tenha certeza que a teoria funciona, e aí na como um prática acontecem coisas que

talvez você não previu, você consegue repensar as condições, e ver como que a física realmente ocorre, então eu acho que ele é importante porque ele dá sentido à teoria mais ou menos por esse...

03:04 - Entrevistador: Como considera o trabalho adicional no uso de experimentos em relação às aulas teóricas?

Professor D: Eu acho que ele tem que ser não só adicional como concomitante, porque eu vejo como um problema você dicotomizar a teoria da prática, acho que não são coisas tão distintas umas da outra, então como eu vejo isso aplicado você diz? É, eu acho que com nossa própria formação ela é mais voltada para a teoria, a gente tem um pouco mais de facilidade com a quantidade de contato que a gente teve com a parte teórica, como você elaborar uma aula expositiva ou se você vai passar a teoria, eu acho que é um pouco mais natural, a parte de preparação de experimento ela exige muito mais dedicação por que você tem que preparar o experimento antes, para ver quais são as condições ideais e você tem que prever um pouco do que pode acontecer para saber como manejar isso na hora, porque se acontecer alguma coisa que não era para acontecer, você tem que ter ali um certo preparo, ou então você corre o risco de perder um pouco do controle da turma, então você pode perder um pouco de confiança, então a parte de preparação mesmo, ela tem que ser, ambas né, ela tem que ser muito cuidadosa, você tem que saber mesmo o que você está falando, você tem que tirar todas as dúvidas, tem que recorrer ao material didático que você está utilizando, mas eu julgo como importante você estar utilizando isso, pela minha preparação e pela minha vivência ela é mais complicada é mais difícil a aula experimental, porém a gente tem aí resultados muito positivos quando bem utilizados e bem preparados os resultados que eles proporcionam são bem melhores e contribuem muito para consolidar o conhecimento teórico e prático.

05:38 - Entrevistador: Quando em sua formação o uso de experimentos ficou claro como uma estratégia relevante de ensino?

Professor D: Tá, a partir de quando eu entrei no programa institucional do PIBID, isso para mim começou a ficar um pouco mais evidente a importância que é utilizar o experimento, anteriormente no curso mesmo, em si, pouco foi explorado essa questão principalmente nos primeiros anos, que a gente tinha

poucos matérias pedagógicas que tratava especificamente ensino, algumas matérias a gente teve lá, que lecionava uma ou duas aulas, e onde era exigido o uso de experimento, porém, ele era visto como algo instrumental, então ele não era tanto... a gente não via tanta relevância assim, era mais de caráter obrigatório, mas quando a gente começou a estudar a fundo assim o ensino, estudar como se dá, como se desenvolve a questão da educação, a questão do ensino, do aprendiz e da formação do professor, a gente começou a entender mesmo o papel tanto do experimento para o aluno, que tem esse contato, que antes para ele não existia, quanto para a formação do professor, acho que o contato mesmo com isso se deu a partir do terceiro ano, a partir das matérias lá de estágio docência, tanto no estágio I quanto no PIBID, que a gente trabalhou basicamente só com experimentos, e eu acho que é uma coisa... uma falta do curso ter uma visão menos tradicional do ensino, e o PIBID complementa essa falta um pouco, ele supre um pouco dessa má formação que a gente teve no curso.

07:41 - Entrevistador: Há algum tópico de física mais relevante para o uso de experimentos?

Professor D: Eu acredito que há tópico que são um pouco mais explorados, né, os experimentos, devido ao mais fácil acesso, então trabalhar mecânica é um pouco mais fácil devido a quantidade de material que a gente tem produzido, a parte de elétrica também é bastante fácil, fácil não, tem certas considerações a serem feitas, mas eu acredito que conteúdo mais modernos, como física moderna, é um pouco mais difícil, porém, eu acho que é interessante, é mais interessante é uma área que a gente sabe que no campo de ensino de física, é uma área que está crescendo muito, tem muitas pessoas que estão pesquisando isso, mas eu julgo como mais fácil mecânica e elétrica, eletrostática, eu acho que são conteúdos que tem uma amplitude de materiais muito extensos, e a gente sabe lidar melhor com isso, tem gente que tem mais contato com isso.

08:58 - Entrevistador: Haveria a possibilidade de considerar o uso de experimentos de maneira irrestrita no ensino de física?

Professor D: Irrestrito eu acho um termo muito, muito forte, porque da mesma maneira que a gente julga somente a aula tradicional como algo, não ruim, mas como algo não suficiente, eu acredito que fazer o uso irrestrito, dos

experimentos ele é uma coisa, soa um pouco preocupante, porque é claro que em uma aula experimental, você não deixa de falar sobre teoria, porém eu acho que a formalidade matemática, ela é necessária na física e eu acho que você acaba perdendo muito tempo falando do experimento em si, e às vezes não tem como você falar da teoria, aprofundar a teoria e ao mesmo tempo falar do experimento, então eu acho que em uma aula de ensino médio isso não é tão viável devido a carga horária não tão extensa, cerca de 2 aulas por semana, num curso de graduação já é um pouco mais fácil, mas se a gente trata de educação básica eu acho que tem que saber manusear, então eu não concordo com uso irrestrito, mas também não concordo com a falta do uso, tem que, e acho que aí vem a preparação da aula, você prepara a aula de experimento, mas você tem que também aborda a teoria, eu acho que o uso irrestrito eu também não concordo, tanto no estágio que tinham pessoas aí que faziam o uso dele porque é algo que chama atenção dos alunos e aí você consegue ter maior domínio dos alunos, só que eu acho... nas minhas aulas eu via isso, quando eu levei experimento a participação dos alunos era muito grande, então minha propensão a levar experimento, era muito grande devido ao interesse que eles tem, só que você tem que desenvolver um pouco a teoria, e abordar, ter uma maneira de abordar a teoria e mesmo assim manter a atenção deles, eu acho que ali é o intuito, que é uma coisa difícil, mas eu acho que o uso irrestrito não é tão bom.