



UFU - Universidade Federal de Uberlândia
Física Licenciatura - INFIS

LUCAS WILIAN GONÇALVES DE SOUZA

**Revelando o Invisível com uma Câmara de Nuvens através de uma
Proposta Investigativa**

UBERLÂNDIA-MG

2017

LUCAS WILIAN GONÇALVES DE SOUZA

**Revelando o Invisível com uma Câmara de Nuvens através de uma
Proposta Investigativa**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Física Licenciatura da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para conclusão do curso.

Orientadora: Alessandra Riposati Arantes

UBERLÂNDIA-MG

2017

LUCAS WILIAN GONÇALVES DE SOUZA

Revelando o Invisível com uma Câmara de Nuvens através de uma Proposta Investigativa

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto de Física da
Universidade Federal de Uberlândia,
como requisito parcial para a obtenção
do título de licenciado em Física.



Profa. Dra. Alessandra Riposati Arantes (orientadora)



Profa. Dra. Ana Paula Perini



Prof. Dr. Eduardo Kojy Takahashi

22 de novembro de 2017

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, irmãs, tios e avós, que sempre me estimularam e apoiaram.

A todos os profissionais de todas as instituições de ensino que frequentei por toda a dedicação.

À Fabrícia, Renata, Huxley e irmãs da Assunção pelo apoio financeiro enquanto frequentei o Colégio Assunção-Itapaci.

Aos meus amigos, aqueles de infância, escola, rua, internet e da Física. Muitos obrigado por todos os momentos de alegria. Aos Babus pela amizade, incontáveis risadas e aventuras. A todos os amigos que fiz enquanto estive nos Estados Unidos, vocês tornaram minha experiência inesquecível. Obrigado por me ensinar que a vida não é só feita de estudos.

À Talytha, Felipe e Lucas que me ajudaram a conseguir o tão sonhado intercâmbio.

Ao Gabe por não me deixar morrer de tédio em Kearney, por ter tentado me ensinar yoga, por ter me ajudado exaustivamente com o inglês e por todas as experiências incríveis que vivemos.

Ao Talles e Flávia por serem os melhores secretários que um curso pode ter. Obrigado por ter me ajudado com todos problemas que costumo causar.

Ao Rui e Carlão por toda a ajuda que me deram nesses anos de graduação.

A todos os estudantes que compareceram à oficina, este trabalho só foi possível pela contribuição de vocês.

Ao Antoine por ter se empenhado tanto na construção da câmara de nuvens, pelo companheirismo e por me ajudar imensamente neste trabalho.

Ao Lucio e Ana pela oportunidade de trabalhar no LINDA, pelo apoio neste trabalho e pela coragem de me orientar na nova etapa.

À Alessandra, por me orientar não só neste trabalho, mas em todos os momentos desde que entrei na licenciatura. Obrigado pelos conselhos, pilhas de artigos, apoio em eventos e sermões. Você realmente me ajudou.

RESUMO

A radioatividade é um dos temas mais intrigantes da Física no imaginário popular. Tanto na educação básica quanto no ensino superior a radioatividade não recebe a devida atenção por motivos como baixo número de questões nos processos seletivos e formação deficiente de professores. Essa falta de conhecimento científico sobre o assunto abre espaço para concepções alternativas e mitos sobre o tema. Com o objetivo de promover o aprofundamento do conhecimento científico sobre radioatividade dos estudantes da Universidade Federal de Uberlândia, este trabalho propõe uma abordagem investigativa para a utilização de uma câmara de nuvens em uma oficina, durante a décima edição da Semana da Física. Este equipamento possui grande potencial no processo de ensino e aprendizagem de radioatividade, pois permite a visualização da trajetória de radiações ionizantes, que são naturalmente invisíveis a olho nu. Foi utilizada uma metodologia quantitativa-qualitativa de estudo de caso para o desenvolvimento da pesquisa com enfoque nos processos. Os dados foram coletados através de questionários, gravação de áudio e observação. Os dados mostram que 50% dos participantes já conhecia a câmara de nuvens e que a maioria deles soube identificar corretamente os traços observados. A comparação entre as respostas escritas e os desenhos sobre os fenômenos revelou, no entanto, inconsistências conceituais sobre a natureza corpuscular e ondulatória da radioatividade. Além disso, a abordagem investigativa mostrou-se relevante durante as discussões e com relação ao envolvimento dos participantes com o tema.

Palavras-chave: Câmara de Nuvens, radiação ionizante, radioatividade, abordagem investigativa.

ABSTRACT

Radioactivity is one of the most intriguing themes of Physics in the popular imagination. In both basic and higher education, radioactivity is not given due attention for reasons such as the low presence rate of related questions in selection processes and poor quality teacher training. This lack of scientific knowledge on the subject makes room for alternative conceptions and myths about the radioactivity. Aiming the promotion of the scientific knowledge of the students of the “Universidade Federal de Uberlândia” on radioactivity, this work proposes an inquiry-based approach to the use of a cloud chamber in a workshop during the tenth edition of “Semana da Física”. The Cloud Chamber has great potential in the radioactivity learning since it enables the observation of the ionizing radiations trajectories, which are naturally invisible to the naked eye. We used a quantitative-qualitative Case Study approach to the development of this research focusing on the processes. Data were collected through questionnaires, audio recording, and observation. The data show that 50% of participants already knew the cloud chamber and most of them correctly identified the observed radiation tracks. The confrontation of the written answers and drawings about the observed phenomena showed, however, some conceptual inconsistencies about the particle and wave nature of radioactivity.

Keywords: Cloud Chamber, ionizing radiations, radioactivity, inquiry-based learning

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema da câmara de nuvens desenvolvida por Wilson.	5
Figura 2 - Traços produzidos por partícula alfa.	6
Figura 3 - Traços produzidos por ionização de raios X.....	6
Figura 4 - Esquema da câmara de difusão de Langsdorf.....	7
Figura 5 - Esquema do modelo de câmara de difusão geralmente utilizada em escolas.....	8
Figura 6 - Esquema de uma câmara de nuvens de difusão de baixo custo.....	9
Figura 7: Câmara de nuvens eletrônica desenvolvida no Laboratório de Instrumentação de Dosimetria (LINDA).	10
Figura 8: Respostas sobre a natureza ondulatória e/ou corpuscular das radiações.	19
Figura 9: Respostas da questão "Você acha que é possível visualizar fenômenos radioativos?"	21
Figura 10: Conhecimento dos participantes sobre a aplicação da câmara de nuvens.	23
Figura 11: Desenho do P.1.	27
Figura 12: Desenho do P.5.	28
Figura 13: Desenho do fenômeno observado.	30
Figura 14: Comparação dos desenhos antes e depois da demonstração do P.12.....	31
Figura 15: Comparação dos desenhos antes e depois da demonstração do P.1.....	31
Figura 16: Comparação dos desenhos antes e depois da demonstração do P.2.....	32
Figura 17: Comparação dos desenhos antes e depois da demonstração do P.3.....	32
Figura 18: Comparação dos desenhos antes e depois da demonstração do P.4.....	33
Figura 19: Comparação dos desenhos antes e depois da demonstração do P.5.....	33
Figura 20: Comparação dos desenhos antes e depois da demonstração da P.6.....	34
Figura 21: Comparação dos desenhos antes e depois da demonstração da P.7.....	34

Figura 22: Comparação dos desenhos antes e depois da demonstração do P.8.....	35
Figura 23: Comparação dos desenhos antes e depois da demonstração do P.9.....	35
Figura 24: Comparação dos desenhos antes e depois da demonstração do P.10.....	36
Figura 25: Comparação dos desenhos antes e depois da demonstração do P.11.....	36
Figura 26: Identificação dos traços observados.....	43
Figura 27: Teste de penetração das partículas.	45
Figura 28: Visão superior das emissões em uma amostra de areia monazítica.	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Informações sobre as partículas α e β levantadas pelos participantes para a solução do problema.....	39
---	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 A CÂMARA DE NUVENS	4
3 A ABORDAGEM INVESTIGATIVA.....	10
4 A PESQUISA	14
4.1 A Semana da Física.....	14
4.2 Sujeitos da Pesquisa.....	14
4.2 Estudo de caso	15
4.4 A Oficina.....	16
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	18
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
REFERÊNCIAS	50

1 INTRODUÇÃO

Uma das principais características, senão a principal, do mundo moderno é a forte presença da tecnologia no cotidiano humano. Por trás de muitas destas tecnologias extraordinárias existe uma física igualmente encantadora. O onipresente computador não funcionaria sem a física quântica que governa os transistores que são os componentes básicos de todos os dispositivos eletrônicos como celulares, *tablets*, calculadoras, etc. Esta mesma física explica o funcionamento dos *lasers* que estão presentes desde as canetas-laser, fibras ópticas, instrumentos médicos, removedores de tatuagens, etc. Geração de energia e radioterapia baseiam-se em aplicações dos conceitos fundamentais da Radioatividade e Relatividade. Contudo, apesar de estarmos cercados de aplicações tecnológicas da Física Moderna e Contemporânea (FMC) os conteúdos estudados nas escolas ainda são dominados pela Física Clássica (FC) (TERRAZZAN, 1992).

Os currículos de Física vigentes no Brasil são, em geral, concebidos com base em manuais de ensino de Física estrangeiros ultrapassados, que enfatizam apenas a Física Clássica (TERRAZZAN, 1992). Wu (2000), analisando os livros didáticos de física da década de 1980 observou uma clara divisão da física em seus temas clássicos (mecânica, termologia, ondulatória, óptica e eletromagnetismo) em ordem semelhante em quase todos os livros. Foi observado, também, que a FMC praticamente não era abordada naqueles livros. Dominguini (2012), analisou os livros didáticos disponibilizados, em 2008, pelo Programa Nacional do Livro Didático do Ensino Médio (PNLEM) e constatou que a FMC estava presente em todas as obras. Contudo, a importância da FMC não é consenso nem entre os autores, pois alguns a inclui como trechos de curiosidades enquanto outros a dedicam unidades inteiras. E, mesmo entre as obras com maior destaque, a FMC aparece nos últimos capítulos.

Uma aprofundada revisão sobre o ensino de FMC no ensino médio realizada por Ostermann e Moreira (2000) revelou que o interesse por esta área se intensificou após a realização da Conferência sobre o Ensino de Física Moderna. Este evento foi promovido pelo *Fermi National Accelerator Laboratory* em 1986 com o objetivo de incentivar o ensino de Física de Partículas e Cosmologia, dentre outros tópicos de FMC nas escolas. Barojas (1988, apud OSTERMANN; MOREIRA, 2000), enumera várias razões para a inclusão de Física

Moderna nos currículos escolares que foram levantadas na III Conferência Interamericana sobre Educação em Física

- despertar a curiosidade dos estudantes e ajudá-los a reconhecer a Física como um empreendimento humano e, portanto, mais próxima a eles;
- os estudantes não têm contato com o excitante mundo da pesquisa atual em Física, pois não vêem nenhuma Física além de 1900. Esta situação é inaceitável em um século no qual idéias revolucionárias mudaram a ciência totalmente;
- é do maior interesse atrair jovens para a carreira científica. Serão eles os futuros pesquisadores e professores de Física;
- é mais divertido para o professor ensinar tópicos que são novos. O entusiasmo pelo ensino deriva do entusiasmo que se tem em relação ao material didático utilizado e de mudanças estimulantes no conteúdo do curso. É importante não desprezar os efeitos que o entusiasmo tem sobre o bom ensino;
- Física Moderna é considerada conceitualmente difícil e abstrata; mas, resultados de pesquisa em ensino de Física têm mostrado que, além da Física Clássica ser também abstrata, os estudantes apresentam sérias dificuldades conceituais para compreendê-la. (BAROJAS, 1988 apud OSTERMANN; MOREIRA, 2000. p.24)

Em decorrência da marginalização do ensino de FMC, há uma desconexão entre a realidade dos estudantes e a escola e, devido a isso, torna-se impossível alcançar os objetivos enumerados. Do ponto de vista da Física, essa disparidade é extremamente prejudicial, pois seu objeto de estudo é justamente a compreensão do mundo que nos cerca. A física que é ensinada nas escolas brasileiras já está atrasada em quase um século e não é suficiente para uma compreensão do mundo atual. Dessa forma, fica difícil ao estudante se interessar pelos conteúdos que os professores abordam em sala de aula, uma vez que estes são vazios de significados e, portanto, com baixo potencial de motivação.

Dentre os ramos da FMC, a radioatividade possui um papel de destaque no imaginário popular em decorrência de eventos dramáticos como as bombas atômicas de Hiroshima e Nagasaki e acidentes nucleares como Chernobyl e Goiânia. A perplexidade da população em relação ao acidente com Césio-137 foi tratada por Cruz (1987), onde o autor aponta a desinformação em relação ao caos social vivido naquele momento. A falta de conhecimento em relação ao tema também foi apontada pelos estudos de Medeiros e Lobato (2010), onde verificou-se que a televisão era a principal fonte de informação em relação à radioatividade e não a escola.

Silva, Campos e Almeida (2013) realizaram um levantamento sobre as publicações relativas ao ensino de radioatividade e constataram a preocupante escassez de materiais entre os anos 1990 e 2012. Essa preocupação surge do fato de que este tema está incluso nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) (BRASIL, 2006) justamente pela atualidade do tema e as possibilidades de interdisciplinaridade. Apesar disso, as escolas não estão tocando no assunto e uma possível causa disso é a constatada falta de trabalhos de nível superior sobre o ensino de radioatividade. Como os professores da educação básica podem ensinar radioatividade se eles não aprenderam a fazer isso?

Estudos têm apontado as dificuldades e falhas no ensino/aprendizagem de radioatividade com especial destaque às concepções alternativas dos estudantes. Medeiros e Lobato (2010) verificaram que 82% dos estudantes entrevistados concebiam a radioatividade como algo que só causa danos às pessoas e ao meio ambiente. Os autores propõem que a descontextualização do ensino desse tema, que geralmente é dividido entre física e química é responsável pelo reforço de concepções alternativas sobre a radioatividade. Se o ensino do tema fosse mais ligado a realidade do estudante, relacionando as tecnologias presente no seu dia-a-dia e acontecimentos noticiados, a assimilação do conhecimento se tornaria mais efetiva e duradoura. Outras dificuldades surgem na inclusão da FMC na educação básica, como apontado por Pinto e Zanetic (1999), sobre o formalismo matemático, o distanciamento conceitual do conhecimento de senso comum e a complicação experimental como grandes empecilhos do desenvolvimento da FMC no ensino médio.

Ademais, o negligenciamento da FMC fica evidente nos processos seletivos para ingresso no ensino superior. José et al. (2014) fez um levantamento sobre as áreas da física abordadas no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) entre os anos de 2009 e 2013 e constatou uma clara prevalência de temas da FC sobre a FMC. Esse fato se agrava pela abrangência do ENEM que em 2016 foi utilizado, parcial ou integralmente, em seus processos de seleção, por mais de 500 instituições, sendo 59 universidades federais (LOURENÇO, 2017). Diante desse cenário alarmante, a Sociedade Brasileira de Física (SBF) se manifestou através de carta aberta¹ ao Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), alertando que essa tendência de abordagem poderia levar ao desaparecimento da FMC da educação básica.

¹ Disponível em: http://www.sbfisica.org.br/v1/arquivos_diversos/noticias/maio2014/carta-ao-INEP.pdf. Acesso em: 03, nov, 2016

Neste contexto, este trabalho propõe a investigação da utilização de uma câmara de nuvens com estudantes do ensino superior da Universidade Federal de Uberlândia, com o objetivo de promover o aprofundamento do conhecimento científico sobre radioatividade a partir de uma proposta investigativa.

2 A CÂMARA DE NUVENS

A câmara de nuvens foi o primeiro aparato científico capaz de tornar visíveis as emissões radioativas. Ela foi criada por Charles Thomson Rees Wilson em 1912 e, por isso, também é conhecida como câmara de Wilson. O estudo da radioatividade não era, no entanto, o principal objetivo de Wilson ao construir o aparato. Ele estava interessado pela formação de halos luminosos decorrente da interação da luz solar com as gotículas que formam as nuvens:

E a minha escolha de um assunto para trabalhar não foi devido a qualquer pretensão por minha parte, nem a nenhum bom conselho recebido, mas apenas ao fato de que no outono de 1894 passei algumas semanas em uma colina escocesa nebulosa - o topo de Bem Nevis. Manhã após a manhã, eu vi o sol se erguendo sobre um mar de nuvens e a sombra da colina nas nuvens abaixo cercadas por lindos anéis coloridos. A beleza do que vi me fez me apaixonar por nuvens e eu decidi que fizesse experiências para aprender mais sobre elas. (WILSON, 1927).

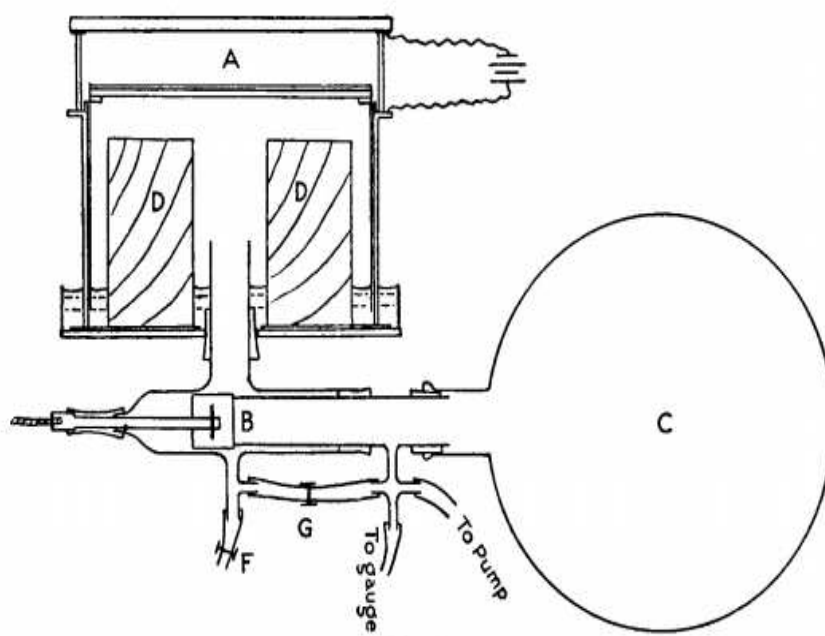
Tradução nossa.

A estadia de Wilson no Observatório do monte Bem Nevis permitiu que ele tivesse contato com o "contador de poeira" criado por John Aitken em 1888. Este equipamento era utilizado para investigar a condensação de vapor de água em partículas sólidas suspensas no ar (AITKEN, 1888). O seu funcionamento baseava-se na expansão adiabática que ocorria dentro de uma câmara contendo ar umidificado. Ao se expandir rapidamente, o ar se esfriava, o que provocava a condensação do vapor nas partículas suspensas. Essas partículas sedimentavam-se no fundo da câmara por meio da atração gravitacional e ficavam aprisionadas em uma camada gelatinosa, o que possibilitava sua posterior contagem.

Wilson utilizou este equipamento para investigar a interação da luz com nuvens que ele mesmo criara. Contudo, ele observou que, mesmo quando o ar dentro da câmara estava livre de poeira, ainda ocorria a formação de gotículas de água. Ele suspeitou que o ar dentro da câmara possuía íons que estavam servindo de núcleos de condensação. Sua hipótese mostrou-se correta quando ele expôs a câmara a uma fonte de raios X, que é uma radiação capaz de ionizar o ar. Os raios X criaram íons dentro da câmara onde a umidade se condensou formando pequenas nuvens. Percebendo o potencial do contador de poeira, Wilson o

aprimorou e criou a câmara de nuvens (Figura 1). A câmara propriamente dita (A), onde ocorre a formação dos traços, possui a parte superior de vidro transparente para permitir a visualização. O fundo dessa câmara é feito com metal pintado de preto e entre o topo e o fundo é aplicada uma diferença de potencial. Uma bomba conectada ao sistema produz vácuo no reservatório (C), o que produz uma expansão repentina no ar dentro de A quando a válvula B é aberta. Essa expansão é tão rápida que o ar quase não troca calor com as paredes do aparato, sofrendo, então, uma expansão adiabática. Assim, a temperatura na câmara é reduzida e a umidade em seu interior se condensa nos íons criados pela passagem de radiações ionizantes (WILSON, 1912).

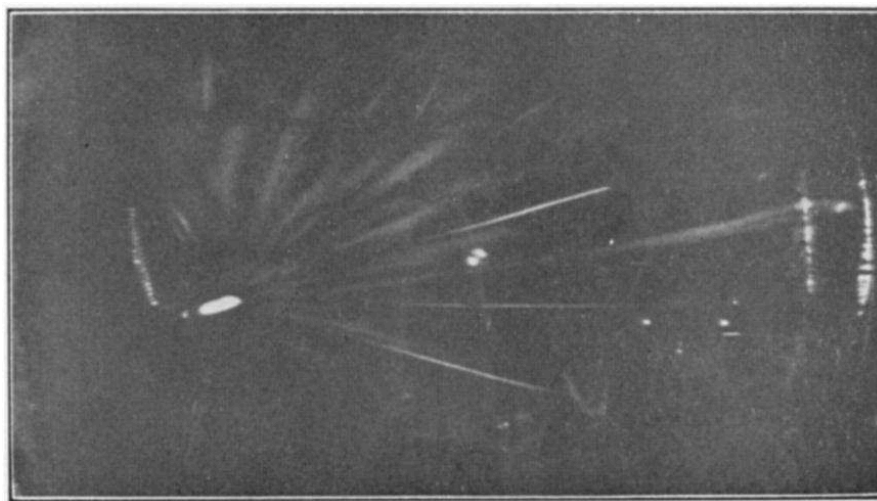
Figura 1 - Esquema da câmara de nuvens desenvolvida por Wilson.



Quando a válvula B é aberta conecta-se o reservatório de vácuo C à câmara A o que provoca uma rápida expansão em A. Devido a esta expansão a temperatura em A reduz e a umidade presente se condensa nos íons presentes. **Fonte Wilson, 1912, p. 3.**

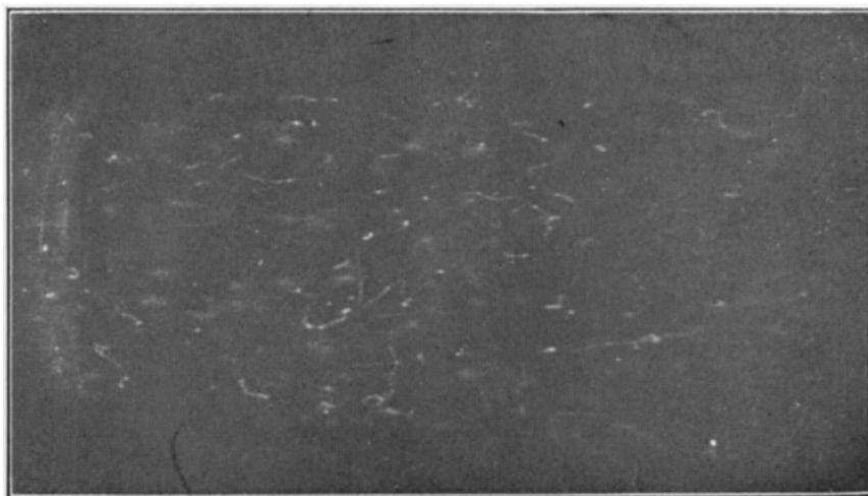
Ao colocar amostras de substância radioativas dentro da câmara, Wilson foi o primeiro a fotografar as trajetórias de partículas alfa (Figura 2) e o efeito ionizante dos raios X (Figura 3).

Figura 2 - Traços produzidos por partícula alfa.



Na imagem observa-se os traços de vapor gerados por partículas alfa emitidas por uma amostra de rádio. **Fonte Wilson, 1911, plate 9.**

Figura 3 - Traços produzidos por ionização de raios X.



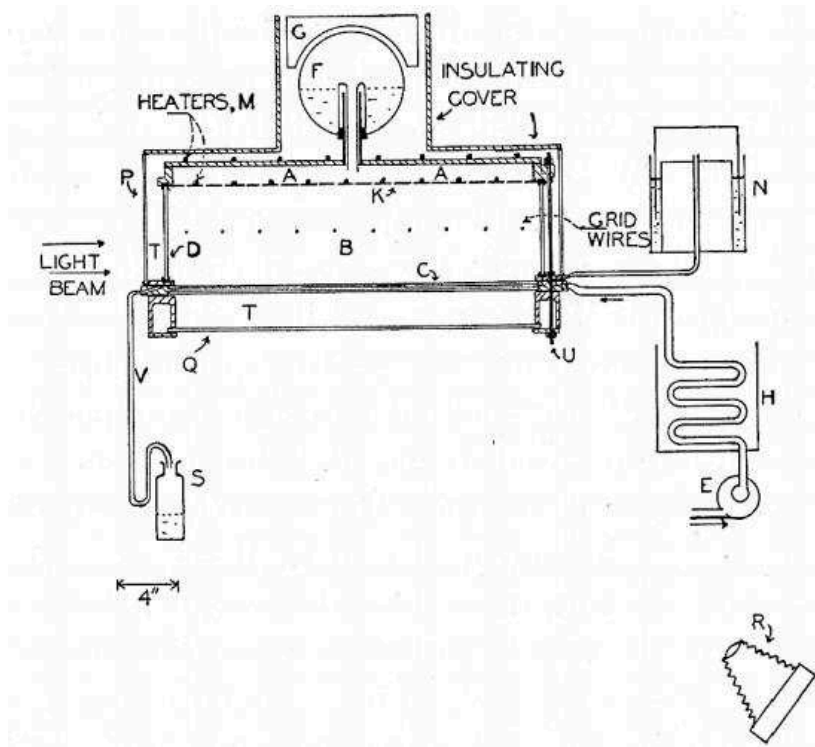
Na imagem observa-se os traços de vapor gerados por elétrons provenientes da ionização do ar devido a passagem de raios X. **Fonte Wilson, 1911, plate 9.**

A câmara de Wilson foi um grande avanço experimental para os estudos em Física de Partículas na primeira metade do século 20. Por meio dela foi possível investigar a natureza das radiações de forma qualitativa e quantitativa (WILSON, 1912). As descobertas do múon (NEDDERMEYER; ANDERSON, 1937), do pión (LATTES; OCCHIALINI; POWELL, 1947) e do pósitron (ANDERSON, 1932), dentre outros feitos históricos, fazem parte do

legado indiscutível da câmara de nuvens. Apesar de possuir características excepcionais para a época, a câmara de Wilson apresentava alguns pontos negativos. Sua maior falha era a impossibilidade de operá-la continuamente, uma vez que dependia de ciclos de descompressão.

A solução daquele problema foi encontrada por Carl Langsdorf, em 1936, quando criou a câmara de difusão vista na Figura 4, (LANGSDORF, 1939). Nesta versão, o vapor de álcool formado do ebulidor (F) se transfere por difusão a uma câmara (B) cuja base (C) é resfriada pela passagem de líquido refrigerante. Ao encontrar essa superfície resfriada, parte do vapor de álcool se condensa e outra parte entra em equilíbrio metaestável, o que cria uma região supersaturada em vapor de álcool. Quando uma radiação ionizante atravessa a região supersaturada observa-se a formação de traços de gotículas de álcool, assim como observado na câmara de Wilson. A operação continua é a grande vantagem da câmara de difusão em relação à câmara de Wilson.

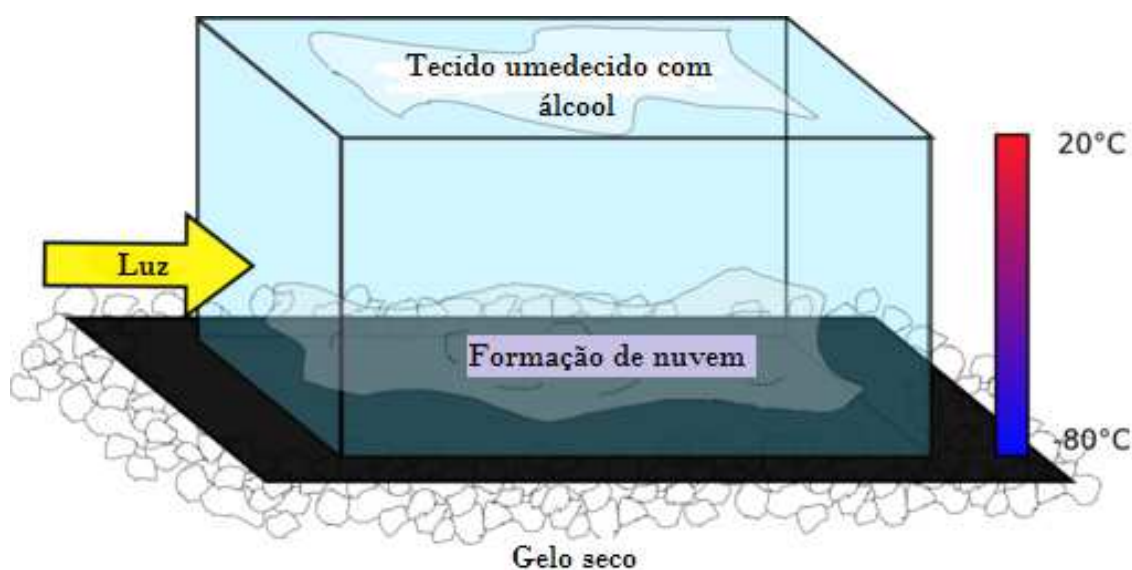
Figura 4 - Esquema da câmara de difusão de Langsdorf.



A maior vantagem deste modelo é promovida pela contínua supersaturação de álcool na câmara B devido ao constante fornecimento de vapor de álcool pelo ebulidor F e constante resfriamento da base da câmara pela circulação de líquido refrigerante pelos tubos T. **Fonte: Langsdorf, 1939, p. 93).**

A câmara de nuvens foi utilizada para pesquisas científicas até a década de 1960, em seu lugar passou-se a utilizar a câmara de bolhas (GLASER, 1952). Desde então, a câmara de nuvens tem sido utilizada em atividades pedagógicas de universidades e escolas (PINHEIRO, 2015; SOUZA, 2017; LAGANÁ, 2011). Nestas atividades utiliza-se, geralmente, gelo seco ou vapor de nitrogênio líquido para resfriar a base da câmara e tiras de tecido embebidas em álcool são colocadas dentro da câmara (Figura 5) como proposto por Souza (2017).

Figura 5 - Esquema do modelo de câmara de difusão geralmente utilizada em escolas.

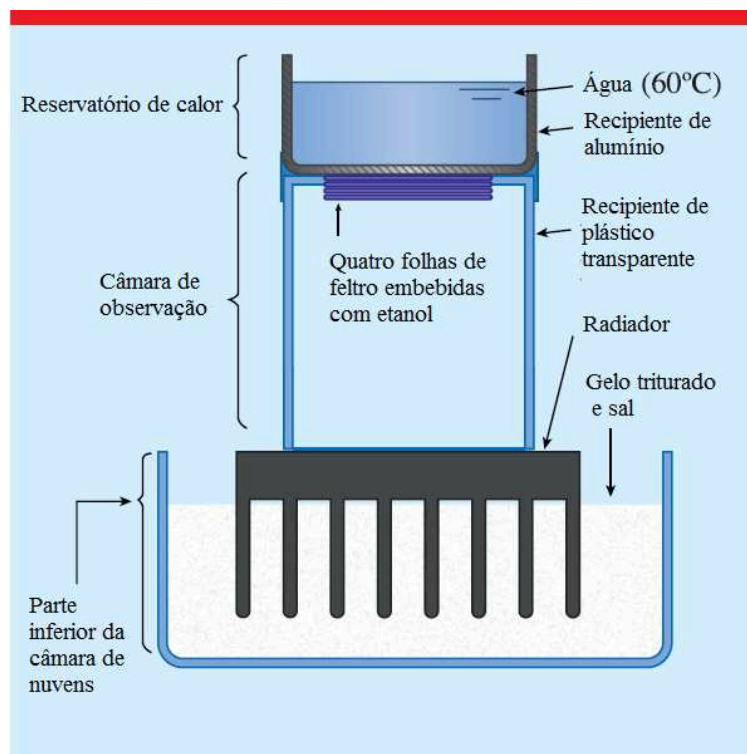


O tecido umedecido com álcool no topo da câmara fornece o vapor que vai ser supersaturado quando atingir a base metálica refrigerada com gelo seco. É necessária a utilização de fonte intensa de luz para facilitar a visualização dos traços formados pela passagem de radiação ionizante. **Fonte : Paulucci, 2017.**

Este modelo apresenta qualidades como simplicidade de montagem e operação, porém tem como principal desvantagem a utilização de gelo seco ou nitrogênio líquido que não são fáceis de ser encontrados, transportados, conservados e podem ter custo elevado. Nesse sentido, um trabalho recente propõe uma montagem mais simples da câmara de nuvens baseado na proposta dos pesquisadores Yoshinaga, Kubota e Kamata (2014). Neste modelo (Figura 6) utiliza-se uma mistura refrigerante de gelo e sal de cozinha para resfriar a base da câmara. A adição do sal de cozinha ao gelo triturado reduz o ponto de fusão da água até -21°C que já é suficiente para a visualização dos traços deixados pelas radiações ionizantes. A base da câmara é composta por um radiador de alumínio utilizado em aparelhos eletrônicos. A câmara de observação pode ser feita com qualquer recipiente transparente cuja abertura seja menor ou igual à superfície do radiador. No topo da câmara são fixadas tiras de feltro que são

embebidas com álcool. Sobre a câmara é colocado um recipiente de alumínio contendo água aquecida a 60 °C para estimular a evaporação do álcool.

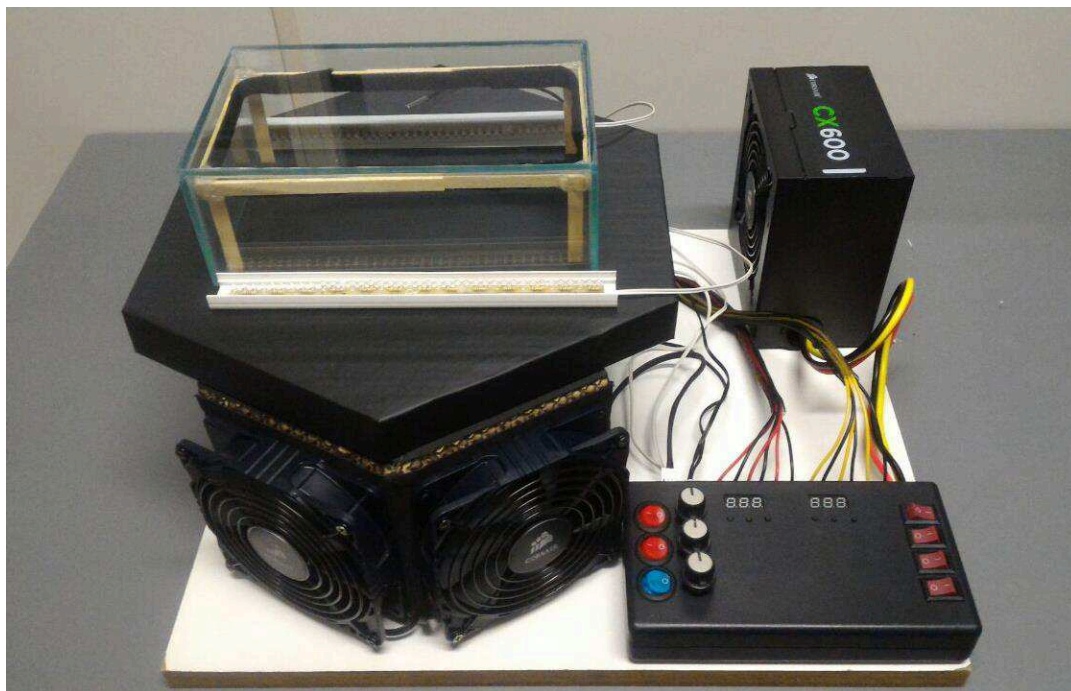
Figura 6 - Esquema de uma câmara de nuvens de difusão de baixo custo.



Nesta câmara a refrigeração é promovida por uma mistura crioscópica de gelo triturado com sal. **Fonte: Yoshinaga, Kubota e Kamata 2014, p. 24 (tradução nossa).**

Todos os modelos anteriores apresentam o inconveniente de se trabalhar com partes mecânicas móveis, produtos de difícil armazenagem ou manuseamento trabalhoso. Com o avanço das tecnologias de refrigeração surgiu a possibilidade de atingir diferenciais de temperatura consideráveis por meio de componentes termoeletrônicos também conhecido como pastilhas *Peltier*. Essas pastilhas têm sido utilizadas para construir câmaras de nuvens eletrônicas (D'ANDREA, 2014). Facilidade de operação, mobilidade e operação contínua são algumas das vantagens desse modelo. Nesse trabalho, investigaremos o potencial pedagógico a partir de uma proposta investigativa de uma câmara de nuvens desenvolvida no Laboratório de Instrumentação de Dosimetria (LINDA) do Instituto de Física (INFIS) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) (Figura 7).

Figura 7: Câmara de nuvens eletrônica desenvolvida no Laboratório de Instrumentação de Dosimetria (LINDA).



Fonte: Fotografia do autor.

A construção da câmara de nuvens eletrônica foi realizada pelos discentes Antoine Franklin de Andrade e Lucas Wilian Gonçalves de Souza sob a orientação dos professores Lucio Pereira Neves e Ana Paula Perini. O objetivo dos professores era utilizar o aparato experimental em suas aulas para estimular a aprendizagem dos estudantes sobre radiações ionizantes. Optou-se por esse modelo devido às vantagens apresentadas anteriormente em relação a outros modelos disponíveis. Os detalhes do desenvolvimento do projeto serão abordados em trabalhos futuros.

3 A ABORDAGEM INVESTIGATIVA

O ensino de ciências tem passado por muitas transformações desde a segunda metade do século XIX em virtude de mudanças sociais. Novos paradigmas culturais, econômicos, políticos e ideológicos influenciam profundamente o papel da ciência e seu ensino nas escolas. Essas mudanças têm, historicamente, ocorrido com mais frequência nos Estados Unidos e Europa. O grande crescimento econômico ocorrido nos Estados Unidos neste período culminou com forte pressão migratória, problemas sanitários e logísticos, questões

sociais dentre outros fenômenos que necessitavam de uma classe científica criativa para saná-los. No entanto, o ensino de ciências daquela época não permitia a formação de cientistas com essas características. Essa discrepância entre o ensino praticado e o ensino necessário catalisou o surgimento de iniciativas para adequar o ensino de ciências às necessidades da sociedade americana (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011).

Dewey (1959) se despontou como um dos maiores defensores de um ensino pautado na participação ativa do estudante. O ensino defendido por este estudioso deveria unir prática e experiência, sociedade e escola; o estudante passaria de um papel passivo receptor de informações para um investigador do mundo. No desempenho deste papel ativo, os estudantes deveriam propor problemas e resolvê-los por meio dos conhecimentos de ciências adquiridos na escola (BARROW, 2006).

O intuito era preparar os estudantes para a vida tornando-os questionadores do mundo, seres produtores de respostas e não acumuladores de conteúdos como tradicionalmente era praticado. Dava-se valor à prática do pensar e não ao acumular. Essa preparação seria permeada, em ciências, pela realização de práticas de investigação estruturadas em: problematização, hipotetização, coleta de dados e elaboração de conclusão. Os problemas a serem resolvidos deveriam ser desafiadores, para estimular o pensamento e não apenas o exercício de algo já sabido; o problema não deveria ser apenas um exercício. Contudo, este problema deveria ser solúvel, ou seja, deveria estar de acordo com o desenvolvimento intelectual dos estudantes. O trabalho em grupo era incentivado justamente para atender a necessidade de formar um cientista voltado às questões da sociedade, capaz de interagir e agir para e com a comunidade (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011).

Contudo, com o lançamento do *Sputnik*, a comunidade científica americana viu a necessidade de se retornar ao paradigma científico do século XIX pautado no rigor científico. Com isso, houve uma reforma no ensino de ciências que valorizava as habilidades individuais de observação, classificação, inferência e controle de variáveis. Novamente, o ensino voltava-se à formação de cientistas. Apesar de não valorizar as questões sociais como o ensino proposto por Dewey, essa nova forma de ensinar ciência ainda valorizava a experiência como prática inseparável da teoria (DEBOER, 2006 apud RODRIGUES; BORGES, 2008). Schwab, a grande intelectual dessa reforma, acreditava que essa nova forma de se ensinar ciência ajudaria a garantir a prosperidade e segurança da sociedade americana. Nessa época ocorreram fortes investimentos em programas de formação científica nas escolas como PSSC

(Physical Science Study Comitee), BSSC (Biological Sciences Curriculum Study), SCIS (Science Curriculum Study), dentre outros. Em suma, esses projetos objetivavam a formação de mini cientistas (DEBOER, 2006 apud RODRIGUES; BORGES, 2008)

A emergência das questões ambientais nos anos 70 e os rápidos avanços tecnológicos implicaram em uma nova mudança no ensino de ciências. Dessa vez, buscava-se a formação de cidadãos aptos a interagir de forma consciente e responsável com a ciência e com a sociedade. Nascia o movimento CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) que objetivava a utilização do saber científico e seus processos na resolução de problemas da vida cotidiana (HURD, 1970 apud RODRIGUES; BORGES, 2008, p. 8)

Nos tempos atuais, o ensino investigativo tem objetivos distintos da formação de cientistas como nos anos 60, dando ênfase a conhecimentos procedimentais e cognitivos:

O ensino por investigação, que leva os alunos a desenvolverem atividades investigativas, não tem mais, como na década de 1960, o objetivo de formar cientistas. Atualmente, a investigação é utilizada no ensino com outras finalidades, como o desenvolvimento de habilidades cognitivas nos alunos, a realização de procedimentos como elaboração de hipóteses, anotação e análise de dados e o desenvolvimento da capacidade de argumentação (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011, p.73).

Devido a todas essas mudanças, dentre outros fatores, o ensino baseado em atividades de investigação recebe diferentes denominações e variações metodológicas. Contudo, de acordo com Sherin, Edelson e Brown (2006), pode se observar um consenso entre vários autores sobre as características de uma atividade baseada em investigação.

Porém, em todos os casos, concorda-se que essas atividades são sempre baseadas em problemas que os alunos devem resolver e que esta proposta de ensino apresenta-se muito diferente da abordagem do ensino tradicional, no qual o professor tem a preocupação de desenvolver uma lista de conteúdos, muitas vezes de modo expositivo, sem proporcionar aos alunos uma reflexão mais profunda (SHERIN; EDELSON; BROWN, 2006 apud ZÔMPERO; LABURÚ, 2011, p.78).

Para Azevedo (2006), uma atividade só é investigativa se o estudante trabalhar ativamente desempenhando um papel central na aprendizagem. Dessa forma, a atividade prática por si só não constitui uma atividade investigativa, ela é, contudo, uma integrante de toda uma situação metodológica que leva à investigação.

Para que uma atividade possa ser considerada uma atividade de investigação, a ação do aluno não deve se limitar ao trabalho de manipulação ou observação, ela deve também conter características de um trabalho científico: o aluno deve refletir, discutir explicar, relatar, o que dará ao seu trabalho as características de uma investigação científica (Azevedo, 2006, p. 21)

O ensino investigativo não é uma prática amplamente adotada nas salas de aula brasileiras (Sá et al, 2017), diferentemente do que ocorre nos Estados Unidos (MCDEMORTT; SHAFFER; ROSENQUIST, 1995). No entanto, é encontrado nos Parâmetros Curriculares Nacionais (1997) e de forma modesta na literatura (SOLINO; GEHLEN, 2015; CARMO; CARVALHO, 2009; CAMPOS et al., 2012). De acordo com Borges (2002) deve-se ressaltar a dificuldade dos professores de se adotar metodologias investigativas, devido ao tamanho das turmas, dificuldade de utilização de materiais e insegurança na realização de experimentos. Isso evidencia os graves problemas da educação brasileira como superlotação, orçamento baixo ou mal gerido e formação deficiente de professores.

Quando se fala em aprendizagem para a vida, um dos maiores referenciais no Brasil é Paulo Freire. Ao longo de sua vida publicou diversas obras como: Educação como Prática da Liberdade, Pedagogia do Oprimido, Pedagogia da Autonomia, Pedagogia da Esperança, Pedagogia da Tolerância, Pedagogia da Indignação, dentre outras. Sua obra é pautada por uma crítica política-pedagógica à forma tradicional de se ensinar. Freire aponta vários problemas do sistema tradicional de ensino, dentre eles, a falta do diálogo na sala de aula:

Em lugar de comunicar-se, o educador faz “comunicados” e depósitos que os educandos, meras incidências, recebem pacientemente, memorizam e repetem. Eis aí a concepção “bancária” da educação, em que a única margem de ação que se oferece aos educandos é a de receberem os depósitos, guardá-los e arquivá-los. Margem para serem colecionadores ou fichadores das coisas que arquivam. No fundo, porém, os grandes arquivados são os homens, nesta (na melhor das hipóteses) equivocada concepção “bancária” da educação. Arquivados, porque, fora da busca, fora da práxis, os homens não podem ser. Educador e educandos se arquivam na medida em que, nesta destorcida visão da educação, não há criatividade, não há transformação, não há saber. Só existe saber na invenção, na reinvenção, na busca inquieta, impaciente, permanente, que os homens fazem no mundo, com o mundo e com os outros. Busca esperançosa também (Freire, 1987, p.33)

O diálogo em sala de aula toma papel fundamental na proposta freireana de ensino-aprendizagem, “Se é dizendo a palavra com que, *“pronunciando”* o mundo, os homens o transformam, o diálogo se impõe como caminho pelo qual os homens ganham significação enquanto homens” (Freire, 1987, p. 47). Não se pode ensinar sem a fala dialogada, se propõe adequar o ensino à realidade do estudante deve-se ouvi-lo. O que o estudante tem a dizer é tão importante quanto a fala do professor e assim, o conhecimento é construído pela socialização dos indivíduos. Dessa forma, a aula dialogada torna, tanto professor, quanto estudante, sujeitos da ação educativa.

Partindo da proposição de Freire, conclui-se que o diálogo leva à contextualização e, como já apontado neste trabalho, a descontextualização é um dos maiores problemas no ensino de física. Precisa-se ouvir o que os estudantes têm a dizer sobre os conteúdos escolares, temos que levantar as suas concepções alternativas e a partir destas informações mediar a prática escolar. Essa prática traz o estudante como protagonista na sala de aula e a escola se remodela como um instrumento social de inclusão, respeito e emancipação humana.

4 A PESQUISA

4.1 A Semana da Física

Esta atividade foi desenvolvida no formato de uma oficina que foi apresentada X Semana da Física, promovida pelo Instituto de Física (INFIS) da Universidade Federal de Uberlândia. Este é um evento² idealizado pelo Instituto, com o objetivo de oferecer uma visão panorâmica da Física para os estudantes matriculados nos três cursos de graduação e a pós-graduação da instituição. Desde 2010, o evento tem sido realizado com periodicidade anual, geralmente no segundo semestre letivo e sempre busca abordar diferentes áreas da Física. Na sua décima edição³, realizada entre os dias 27 e 29 de setembro de 2017, a X Semana da Física procurou trazer diferentes temas tais como: Econofísica, Ressonância Magnética Nuclear, Metacognição e Astrofísica, Estrelas de Nêutrons e Pulsares, Concepções alternativas em Astronomia, dentre outros. Além das palestras, a programação contava com oficinas com temas variados, sendo a “A câmara de Nuvens”, objetivo de pesquisa desse trabalho, que foi ofertada no período noturno para os inscritos no evento.

4.2 Sujeitos da Pesquisa

A oficina contou com a participação de onze estudantes dos cursos de Física da Universidade Federal de Uberlândia e participação parcial de um professor intercambista de Moçambique. Apenas nove dos vinte inscritos compareceram, sendo que três pessoas se inscreveram no momento totalizando doze participantes, inicialmente estava prevista a participação de 20 estudantes. Apesar da alta abstenção, os três cursos de Física da UFU – Uberlândia estavam representados na oficina. Eram quatro estudantes de Física Licenciatura, três de Física Médica e quatro de Física de Materiais

² Disponível em: <<http://www.semana.infis.ufu.br/>>. Acesso em: 20 ago. 2017.

³ Disponível em: <http://www.infis.ufu.br/~xsefis/>. Acesso em: 31 set, 2017.

No conjunto dos licenciandos, 3 estão cursando o quarto período e 1 cursa o segundo. Dentre os representantes da Física médica 1 é recém-formado, 1 está no oitavo período e 1 cursa o segundo período. Em relação à Física de Materiais, todos os participantes estão cursando o quarto período. É importante ressaltar, que apenas os estudantes de Física Médica frequentaram disciplinas que abordam o tema radioatividade ou física nuclear.

4.2 Estudo de caso

Este trabalho, por se tratar de uma proposta de oficina que aborda um tema atual, que tem características inovadoras e por acontecer em um contexto bem específico se enquadra em um caso de estudo (YIN, 2002). Para Stake (1994, p. 236) “Estudo de caso não é uma escolha metodológica, mas uma escolha do objeto a ser estudado”. Sobre a pertinência da realização e um estudo de caso, André (2013) diz:

Se o interesse é investigar fenômenos educacionais no contexto natural em que ocorrem, os estudos de caso podem ser instrumentos valiosos, pois o contato direto e prolongado do pesquisador com os eventos e situações investigadas possibilita descrever ações e comportamentos, captar significados, analisar interações, compreender e interpretar linguagens, estudar representações, sem desvinculá-los do contexto e das circunstâncias especiais em que se manifestam. Assim, permitem compreender não só como surgem e se desenvolvem esses fenômenos, mas também como evoluem num dado período de tempo (ANDRÉ, 2013, p. 97).

Uma característica dos estudos de caso é a multiplicidade de métodos de coleta de dados. Nesta pesquisa os dados serão coletados por meio de questionários, gravação de áudio e observação dos pesquisadores. A metodologia adotada é quantitativa-qualitativa, pois uma análise qualitativa dos dados é promovida após uma breve análise quantitativa. Sobre os resultados de um estudo de caso, André (2013, p. 97) diz: “O conhecimento gerado pelo estudo de caso é diferente do de outros tipos de pesquisa porque é mais concreto, mais contextualizado e mais voltado para a interpretação do leitor. ”

Os dados dessa pesquisa foram coletados a partir da gravação dos áudios que foi feita com dois celulares dispostos em regiões diferentes do laboratório. Também foram utilizados dois questionários: um sobre o levantamento dos conhecimentos prévios (Apêndice A) e o outro continha as atividades a serem desenvolvidas ao longo da oficina (Apêndice B). O primeiro é constituído por três questões abertas. O segundo também possui três questões sendo que duas delas requerem resposta no formato de desenho. As observações dos mediadores foram registradas em notas de campo.

4.4 A Oficina

A oficina “Câmara de Nuvens para Detecção de Partículas Radioativas” ocorreu no laboratório de ensino 5T-101 no dia 27 de setembro de 2017 durante a X-Semana da Física da UFU. O início das atividades estava previsto para as 20h20min, os primeiros inscritos chegaram às 20h15min, porém deu-se início às 20h45min devido ao atraso das atividades anteriores. A mediação da oficina foi feita pelo autor desse trabalho e pelo discente Antoine Franklin de Andrade que foi o responsável pela construção da câmara de nuvens.

Os participantes se distribuíram, inicialmente em quatro grupos. O primeiro grupo tinha quatro estudantes, três da Física Licenciatura e um da Física médica. O segundo grupo possuía uma estudante de Física Médica e o professor intercambista. O terceiro grupo possuía três estudantes representando os três cursos de Física da UFU. O último grupo possuía três estudantes de Física de Materiais.

O segundo grupo foi pequeno por escolha dos componentes e o primeiro permaneceu com quatro participantes, pois eles já tinham conhecimento sobre o experimento ou já haviam cursado disciplinas sobre radioatividade. O autor preferiu manter este grupo com a intenção de evitar que o conhecimento destes estudantes pudesse afetar o envolvimento dos demais participantes durante as discussões.

A oficina foi inspirada nos pressupostos da metodologia investigativa, consistindo em três etapas: levantamento de hipóteses, observação e explicação. Os 12 participantes foram organizados em 4 grupos com o intuito de propiciar a interação e as discussões sobre o tema abordado.

Neste trabalho, as atividades desenvolvidas na oficina podem ser agrupadas em 4 momentos: Levantamento dos conhecimentos prévios, levantamento de hipóteses, observação/ manipulação e explicação.

Primeiro momento: Levantamento dos conhecimentos prévios.

O levantamento dos conhecimentos prévios e as hipóteses foram realizadas através de questões dissertativas e uma ilustração. Inicialmente, foi distribuído uma folha com as questões abaixo:

Primeira questão: *O que você sabe sobre radioatividade?*

Com esta pergunta pretendia-se identificar os mais diversos aspectos sobre radioatividade que as pessoas podem saber. Evitamos aqui uma questão cuja resposta seria apenas afirmativa ou negativa, o que para nós não traria a riqueza de uma resposta mais elaborada. Dessa forma, verifica-se o que a pessoa sabe sem reduzir as possibilidades de respostas de uma questão fechada.

Segunda questão: *Você acha que é possível visualizar fenômenos radiativos? Como?*

O objetivo desta questão foi identificar as concepções dos participantes sobre a natureza das radiações. Pretendia-se verificar os conhecimentos sobre partículas radioativas e radiações eletromagnéticas.

Terceira questão: *Você conhece o aparato chamado Câmara de Nuvens, também conhecido como Câmara de Wilson ou Câmara de Condensação? Qual sua aplicação?*

Esta era a questão mais objetiva, com o intuito de levantar o conhecimento sobre o aparato experimental principal da oficina.

Após a socialização das respostas no grupo, passou-se para a segunda etapa. Os participantes foram apresentados à câmara de nuvens e tomaram conhecimento de sua funcionalidade. Em seguida, foram solicitados que desenhassem como seria vista a radiação emitida por uma fonte radioativa. O objetivo desta atividade foi acessar o imaginário dos participantes quanto a natureza física das radiações.

Segundo momento: Observação/ manipulação

Após a realização do desenho, os estudantes puderam observar a câmara de nuvens funcionando. Após a observação eles foram solicitados novamente que desenhasse a radiação emitida pela fonte radioativa quando colocada dentro da câmara. O objetivo desta atividade foi verificar se os participantes notaram as diferenças entre os rastros observados. O detalhamento do registro foi estimulado. Os materiais utilizados nessa etapa são:

- Câmara de nuvens eletrônica
- Álcool isopropílico
- Eletrodo de solda de tungstênio com 2% de tório
- Amostra de Pechblenda
- Amostra de areia monazítica

- Caixinha de papel sulfite
- Fita adesiva.
- Luvas
- Óculos de proteção

Terceiro momento: Levantamento de hipóteses sobre a identificação dos rastros.

Por fim, os participantes deviam propor explicações sobre a diferença entre os rastros observados e assim identificar qual rastro corresponde a partícula alfa e beta. O objetivo desta questão é colocar os participantes em uma situação problema que estimule a discussão e o compartilhamento de conhecimentos.

Quarto momento: Explicação

Nesta etapa ocorreu o teste das hipóteses sobre a identidade das partículas por meio de experimentação. A amostra utilizada na observação foi colocada dentro de uma caixa de papel e as partículas alfa foram barradas, o que permitiu a identificação das partículas. Os participantes deviam, então, avaliar a pertinências de suas hipóteses sobre a origem dos traços de acordo com o resultado do teste experimental. Ao final, os estudantes foram encorajados a socializar as discussões do grupo com todos os participantes.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados da oficina serão discutidos separadamente pelos momentos, no entanto, eles se inter-relacionam e algumas vezes foi necessário antecipar ou retomar alguns fatos com o intuito de visualizar um acontecimento em sua totalidade. Os questionários, áudios e percepção dos mediadores com relação ao comportamento dos participantes foram utilizados conjuntamente.

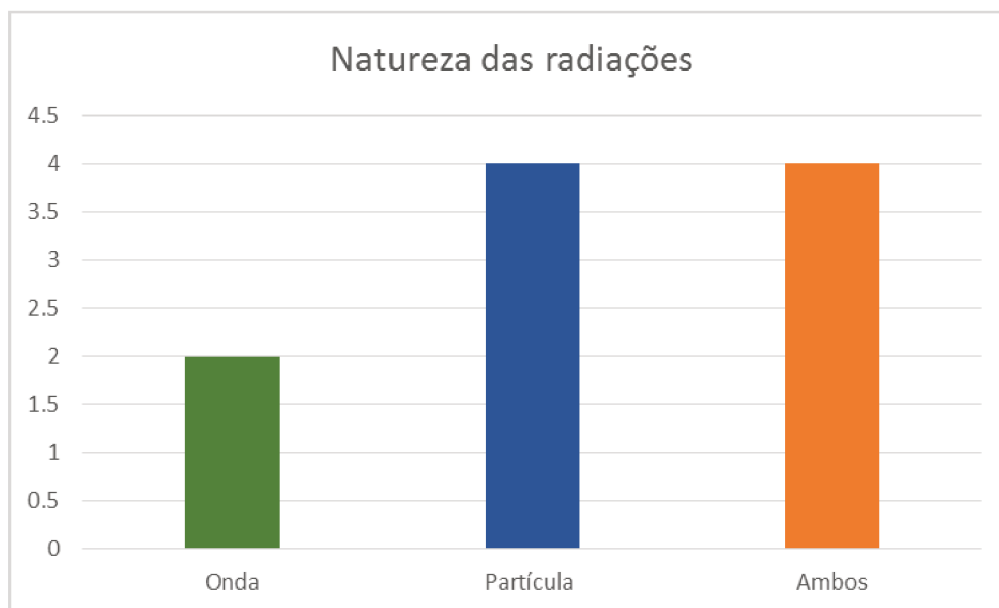
Primeiro momento: Levantamento dos conhecimentos prévios.

Como esperado, foram obtidas respostas bastante diversificadas à primeira questão: *O que você sabe sobre radioatividade?* Observa-se, no entanto, similaridades em algumas respostas, e por isso, elas serão comentadas em conjuntos.

Primeiramente, analisamos as respostas à primeira questão com foco no conhecimento dos participantes sobre a natureza corpuscular e/ou ondulatória das radiações. Na Figura 8,

pode-se verificar que para dois participantes as radiações são de natureza ondulatória, apenas. Para quatro participantes as radiações são partículas, apenas. Os demais participantes se lembraram que radiações podem ser ondas ou partículas.

Figura 8: Respostas sobre a natureza ondulatória e/ou corpuscular das radiações.



A complexidade e diversidade dos conceitos apresentados nas respostas variaram muito durante a pesquisa. Um exemplo de resposta com diversidade de conceitos está representado abaixo. Vale mencionar que os estudantes serão nomeados como participante (P) afim de preservar sua identidade e as escritas originais serão preservadas:

P.10_ “Radioatividade é tudo que causa uma ionização, seja de caráter corpuscular ou ondulatório. Os elementos químicos podem ser radioativos naturais ou produzidos em cíclotrons aceleradores. Eles liberam partículas (alfa, beta+, beta-, gama) no seu decaimento e pode ser usado tanto na medicina nuclear, Radioterapia e Radiodiagnóstico, para o bem, ou pode causar danos sérios ou expostos ou acidentes. ”

A P.10 citou alguns dos conceitos básicos como radioatividade natural e artificial, decaimento radioativo e as principais radiações provenientes do núcleo atômico. Ela citou corretamente que as radiações podem ser ondas ou partículas. Contudo, percebe-se que a P.10 classificou incorretamente a radiação γ como uma partícula. Esta participante é uma estudante

do oitavo período de Física Médica, uma possível justificativa para a riqueza de conceitos de sua resposta pode ser atribuída à presença de disciplinas de Física Nuclear na grade curricular de seu curso. Outros participantes, no entanto, não apresentaram muitos conceitos físicos em suas respostas como representado abaixo:

P.6_ “Que é algo relacionado à emissão de partículas. ”

Além de incorretamente afirmar que radioatividade se resume à emissão de partículas, a P.6 não apresentou em sua resposta indícios de que possui conhecimento acerca de outros conceitos da Física Nuclear. A P.6 é uma estudante que não havia cursado nenhuma disciplina com enfoque no tema da pergunta. A resposta do Participante 8 exemplifica os casos em que a radioatividade foi associada apenas a fenômenos ondulatórios:

P.8_ “Radioatividade está relacionado a radiação. De fato, radiação são ondas eletromagnéticas e transportam momento energia. Essa Radiação pode interagir com a matéria de alguma forma. ”

A resposta do P.8 foi a única que permitiu observar uma distinção entre os termos radiação e radioatividade. Ele não conceitua os dois termos, porém deixa evidente que compreende que são diferentes. Apenas 4 participantes citaram aplicações ou consequências da utilização da radioatividade em atividades humanas. Destes, 50% afirmaram que a radioatividade é maléfica e os demais afirmaram que ela tem potencial para ser benéfica e maléfica. As respostas abordando apenas aspectos negativos é apresentada a seguir:

P.4_ “Normalmente, ela está relacionada com grandes eventos desastrosos e perigoso, como ainda não visualizei de forma completa a matéria de radioatividade, creio que seja o estudo e o trabalho com elementos químicos radiativos, o estudo de suas propriedades, feitos. ”

P.7_ “Que é transmitido através de ondas, e que qualquer elemento radioativo em grande quantidade é maléfico ao ser humano. ”

A atribuição de aspectos maléficos à radioatividade é algo já observado em estudos, tanto com estudantes do ensino médio, quanto do ensino superior. Em um estudo com estudantes de nove cursos da Universidade Federal Fluminense, Kelecom e Gouvea (2001) observaram que mesmo este público, com maior escolaridade, ainda enxerga a radioatividade como algo que só traz danos ao ser humano e meio ambiente. Como possível causa do desconhecimento do tema, os autores apontam a falta de informação correta que chega às

pessoas através da mídia. O P.4, apesar de atribuir aspectos negativos à radioatividade, admite que seu conhecimento sobre o tema é limitado. Mesmo não atribuindo julgamento positivo, o P.7 afirma que a radioatividade é perigosa apenas em grandes quantidades. Exemplos de respostas que citaram a radioatividade como neutra são apresentados a seguir:

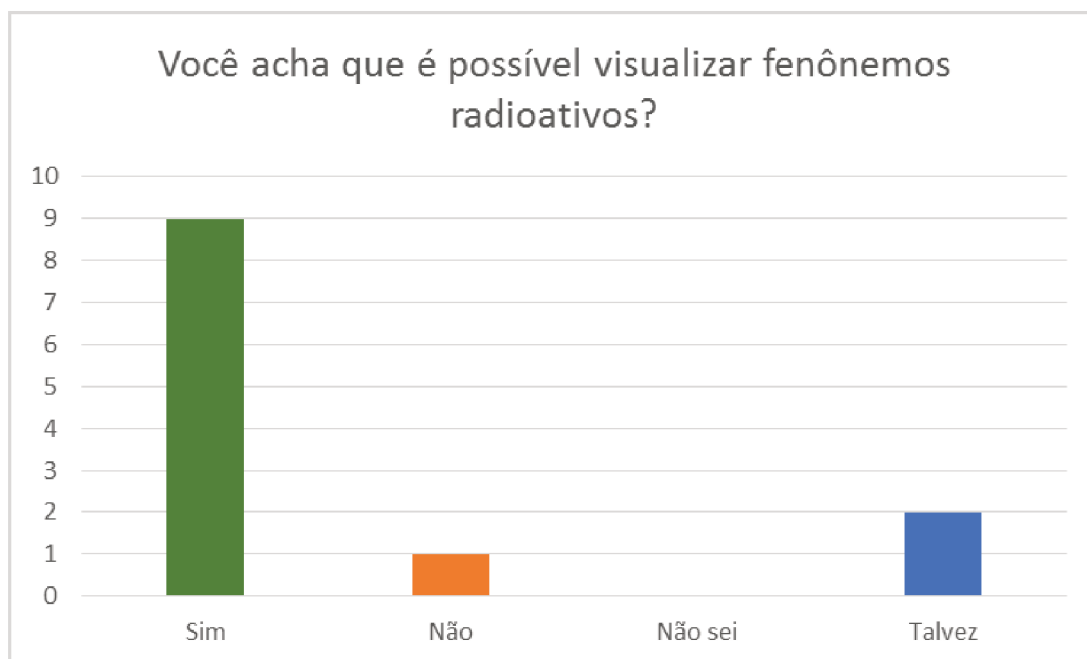
P.2_ “Radioatividade é a emissão de ondas eletromagnéticas ou de partículas e ela, assim como outros fenômenos pode ser usado ou não para o bem. ”

P.10_ “Radioatividade é tudo que causa uma ionização, seja de caráter corpuscular ou ondulatório. Os elementos químicos podem ser radioativos naturais ou produzidos em ciclotrons aceleradores. Eles liberam partículas (alfa, beta+, beta-, gama) no seu decaimento e pode ser usado tanto na medicina nuclear, Radioterapia e Radiodiagnóstico, para o bem, ou pode causar danos sérios ou expostos ou acidentes”

A citação de aplicações na resposta da P.10 pode ser justificada por sua formação em andamento em Física Médica. Observamos também uma maior complexidade de sua resposta que inclui termos não citados por nenhum outro participante, o que indica um maior conhecimento da mesma sobre o tema.

Os resultados da questão “*Você acha que é possível visualizar fenômenos radioativos? Como?*”, foram divididas em duas partes para a análise. As respostas para a primeira parte estão apresentadas na Figura 9. Conclui-se que maioria dos participantes acha que é possível visualizar fenômenos radioativos, dois não possuem resposta definida e um discorda que seja possível.

Figura 9: Respostas da questão "Você acha que é possível visualizar fenômenos radioativos?"



A segunda parte da questão, que é de cunho explicativa obteve 8 respostas com possíveis meios de se realizar a visualização e 4 respostas sem tentativas de explicação. Alguns exemplos de tentativas de explicação, são apresentados a seguir:

P.1_ “Sim. Com somente os olhos humanos não é possível pois o comprimento de onda não esta entre os 400 e 700 nanômetros, usa-se aparelhos que possibilitando enxergar ondas maiores que 700 nm e menores que 400 nm”

P.2_ “Sim, é possível ver indiretamente como na câmara de muvons, um “detector de radiação alfa””

P.4_ “Sim, Inclusive já visualizei fenômenos frutos da radioatividade, mas apenas visualizei um, a câmara de Nuvens, visualizei ele através de uma apresentação”

P.8_ “Acho Sim. Mas depende de em qual frequência do espectro a radiação está. ”

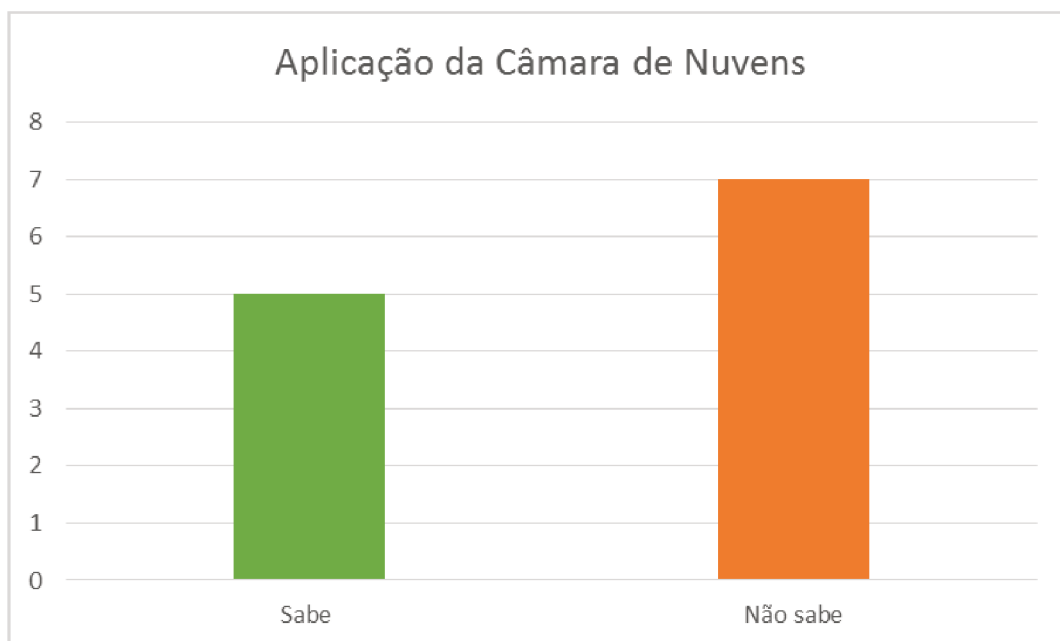
P.9_ “Sim, apesar das partículas não serem “invisíveis”, existem meios de detectar os fenomenos. ”

A maioria dos participantes não apresentou uma forma clara de como se visualizar os fenômenos radioativos, com exceção do P.2 e do P.4. Estes, são estudantes do curso de Física Licenciatura e visitaram uma mostra de Física Moderna da disciplina de PIPE-5 ocorrida no semestre anterior: a oficina tema deste trabalho. Nessa mostra, eles participaram de uma

apresentação com a câmara de nuvens utilizada nesta oficina, o que pode justificar suas respostas.

Sobre a questão: “*Você conhece o aparato chamado Câmara de Nuvens, também conhecido como Câmara de Wilson ou Câmara de Condensação? Qual sua aplicação?* ”, metade dos participantes disseram que conheciam e a outra metade não. Mesmo dentre os participantes que conheciam o experimento, alguns não sabiam qual a função como visto na Figura 10.

Figura 10: Conhecimento dos participantes sobre a aplicação da câmara de nuvens.



Alguns participantes da oficina já tiveram contato anterior com o aparato experimental em atividades na UFU. Isso fica evidenciado em algumas respostas:

P.1_ Já ouvi falar em uma apresentação na faculdade, pelo me lembro a câmara era fechada com hélio e com temperatura baixa, as partículas saiam e podem ver o percurso das partículas liberadas.

P.2_Sim, ela pode ser aplicada na parte de educação em demonstrações ou para ver se uma amostra é radioativa ou não.

P.4_Sim, conheci ele em uma apresentação, pelo que me falaram, não procurei especificação na matéria, mas acho que o álcool interagi com o elemento radioativo liberando partículas alpha

P.11_ Sim, serve para a visualização da radioatividade e seu decaimento em um determinado tempo.

Os participantes P.1, P.2 e P.4, como já citado anteriormente, são licenciandos em Física e compareceram a um evento na UFU onde a câmara de nuvens estava em exposição. Esse fato justifica o conhecimento deles em relação ao equipamento. O P.11 é um estudante do segundo período de Física Médica e participou de uma aula cujo tema era a câmara, como percebemos no diálogo:

P.11_ O Lúcio passou um vídeo, não lembro o nome também, mas era da cloud chamber, lá”

Antoine_ “Qual que era a disciplina?

P.11_ Introdução à Física Médica

Vale ressaltar que a câmara de nuvens usada neste trabalho foi inicialmente planejada para ser utilizada na disciplina citada, no primeiro semestre de 2017. Contudo ela não ficou pronta a tempo e o professor Lúcio optou por utilizar o vídeo na sala de aula. A resposta do P.4 foi fundamental para que o pesquisador pudesse ressaltar, durante a mediação, o papel do álcool no experimento e esclarecer que as radiações emitidas são provenientes da amostra independentemente da existência do experimento.

Os questionários foram recolhidos e seguiu-se para a socialização das respostas dos participantes. Esse momento serviu para que os pesquisadores analisassem rapidamente as respostas e pudessem focar nos pontos chaves para o funcionamento da oficina. Inicialmente

os participantes estavam acanhados e não queriam falar em voz alta suas respostas para todo o grupo. Isso foi interpretado, além de timidez, como uma demonstração do medo de errar. No entanto, alguns se dispuseram a compartilhar suas respostas:

Lucas_ Alguém aqui gostaria de falar alguma coisa que sabe sobre radioatividade?

P.7_ Emitido como ondas

P.11_ Decaimento

P.4 _Mal falada por ser perigosa.

Lucas _É possível ver fenômenos radioativos?

P.7_ Falei assim, não talvez, na verdade não tenho certeza.

P.8_ Gama e raios α estão fora do espectro eletromagnético.

Lucas_ Vocês já ouviram falar da câmara de nuvens?

P.11_ O Lúcio passou um vídeo, não lembro o nome também, mas era da cloud chamber, lá.

Antoine_ Qual que era a disciplina?

P.11_ Introdução à física médica.

P.10_ Eu vi o vídeo da semana passada.

Após essa conversa, os pesquisadores distribuíram um segundo questionário aos participantes no qual eles teriam que desenhar como imaginavam que a radiação fosse emitida por uma fonte radioativa. A fonte escolhida foi um eletrodo de solda de tungstênio com 2% de tório em sua composição. Esse material foi escolhido por ser de baixo custo e por ser algo radioativo que o público comum não sabe, sendo assim, uma curiosidade para os participantes, algo para despertar o interesse pela continuidade na oficina. Surgiram dúvidas quanto ao que foi pedido:

P.7_ Pode olhar mais perto?

P.2_ Radiação saindo só da pontinha?

Lucas_ O tório tá distribuído por todo o eletrodo, pessoal. Tem essa pontinha aqui, mas é apenas para identificar o tipo de eletrodo.

Foram disponibilizados lápis, borracha, apontador, papel e lápis de cor para que os participantes registrassem seu imaginário sobre a emissão de radiação dos núcleos atômicos. Os desenhos obtidos variam, tanto no detalhamento artístico, quanto nas representações de conceitos físicos. Faremos aqui comentários sobre o detalhamento e conceituação presentes nos desenhos e os relacionaremos com as respostas dos participantes sobre a primeira questão do questionário de conhecimentos prévios.

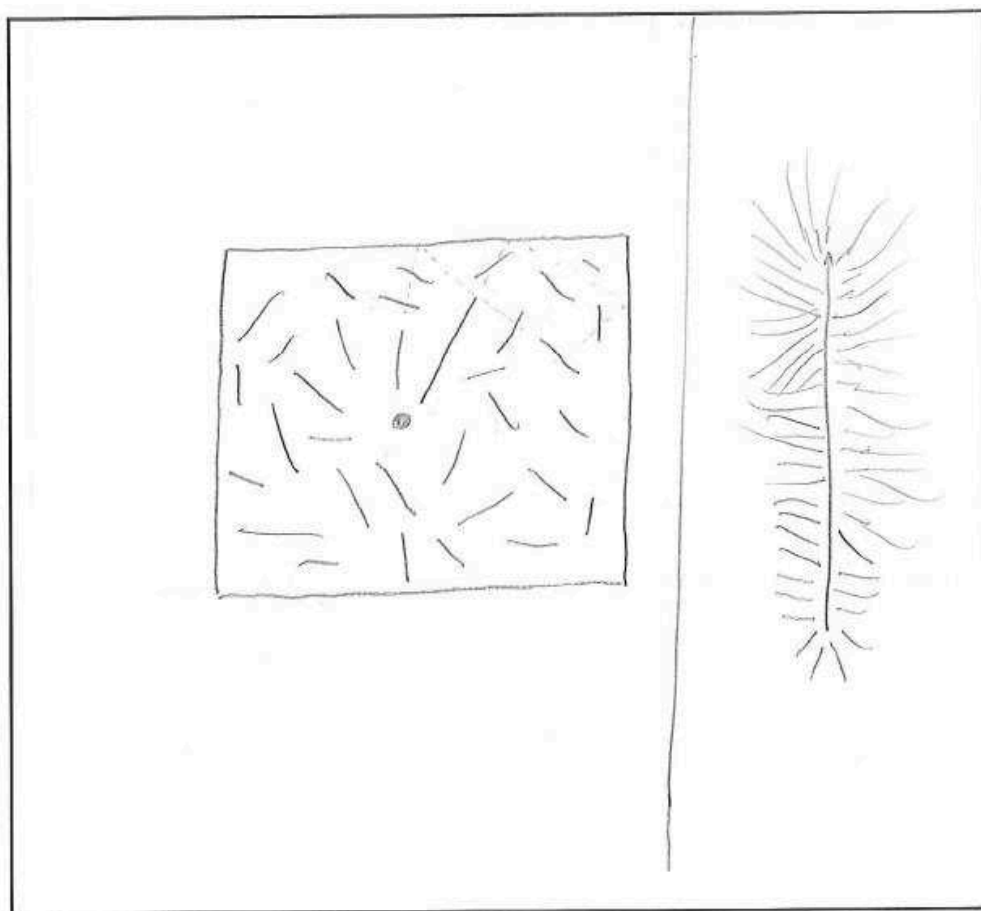
Na Figura 11 observamos o desenho do P.1. Como mencionado anteriormente, ele já conhecia a câmara de nuvens de uma apresentação anterior. Sua representação abrange duas visões: na primeira o eletrodo, é posicionado verticalmente na câmara e, na segunda, horizontalmente. Na primeira visão poucos traços têm origem na amostra, a maioria está aleatoriamente distribuída pela câmara. Essa representação pode ser justificada pela utilização de uma amostra de areia monazítica. Na primeira vez que o participante observou uma câmara de nuvens, este material provocou emissões em toda a câmara devido ao decaimento do tório em radônio. Este último se espalha pela câmara e emite uma partícula alfa ao decair, o que explica a origem dos traços aleatórios. Na segunda visão, o P.1 representou todos os traços saindo do eletrodo, em ambas as visões não se observa muita distinção entre os traços, as espessuras são semelhantes. Percebe-se, no entanto, que alguns traços são mais compridos que outros. Pode-se então inferir que para o P.1 os traços de partículas α e β não são significativamente diferentes. O desenho de P.1 é uma representação de traços de partículas o que condiz com suas respostas às questões 1 e 3, contudo contradiz com o caráter ondulatório que ele atribuiu à radioatividade na questão 2.

P.1_ [...] libera partículas α, β, γ quando se transforma em outro elemento [...]

P.1_ [...] as partículas saiam e podem ver o percurso das partículas liberadas [...]

P.1_ [...] não é possível pois o comprimento de onda não está entre os 400 e 700 nanômetros, usa-se aparelhos que possibilitando enxergar ondas maiores que 700 nm e menores que 400 nm.

Figura 11: Desenho do P.1.

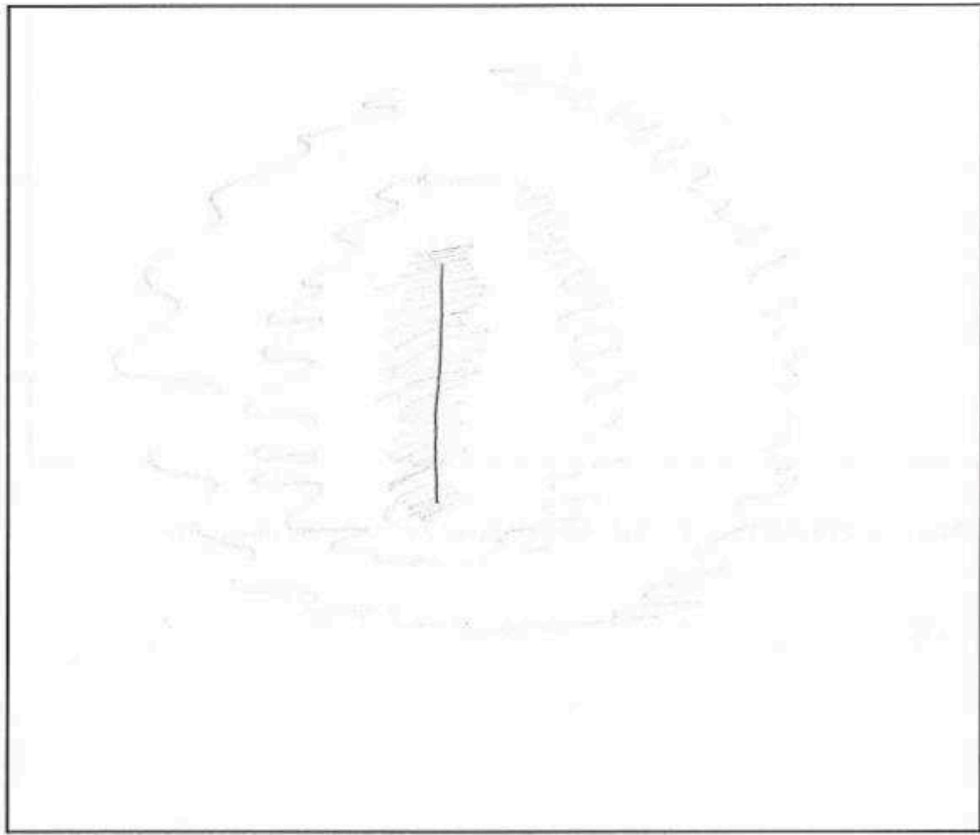


Diferentemente do P.1, o P.5 representou na Figura 12 as emissões radioativas com características que se assemelham a ondas. Observa-se que a fonte de tais ondas são o eletrodo, e que pela densidade dos traços a radiação pode ser mais intensa nas proximidades da amostra. É interessante ressaltar que o desenho do P.5 não representa a visão que ele possui sobre os fenômenos radioativos informados nas questões 1 e 2, pois nelas ele atribuiu natureza corpuscular à radiação e em seu desenho representou ondas:

P.5_ Está relacionada com emissão de partículas por átomos de diferentes elementos.[...]

P.5_ [...]talvez seja possível fazer as partículas radioativas interagirem com um gás, por exemplo, e produzir efeitos visuais[...]

Figura 12: Desenho do P.5.



Observa-se uma atribuição de características ondulatórias à radiação nuclear.

Após o término dos desenhos, foi revelada a função da câmara de nuvens, por uma questão de falta de tempo. Idealmente, os participantes deveriam buscar essa informação na internet, contudo a oficina estava atrasada e os mediadores optaram por não realizar essa parte para não comprometer as fases seguintes.

Segundo momento: Observação

Os participantes foram convidados a se posicionarem de pé em torno da mesa central onde se encontrava a câmara de nuvens. O eletrodo foi colocado dentro da câmara, que estava previamente preparada e enquanto a temperatura ideal não era atingida os mediadores explicaram o funcionamento da câmara. Durante a explicação os participantes puderam manusear uma pastilha Peltier, o dispositivo de resfriamento utilizado e também tocaram o topo da câmara para perceberem a temperatura em seu interior. Após alguns minutos o autor percebeu a formação dos primeiros traços e iniciou a mediação da observação:

Lucas _vocês já estão conseguindo perceber alguma coisa diferente lá dentro?

P.3_Isso é como se fosse a direção dos raios?

P.7_o que tá aparecendo lá? Parece umas minhquinhas

P.8_Não sei se é impressão minha, mas parece que tá sendo constante assim e algumas horas tá saindo uma bem concentradas.

Eu_Eles são sempre parecidos?

P.3_Não, é desordenado

Eu_Quais outras diferenças vocês podem ver?

P.3_Tem, tem uns que sai mais fino, outros sai mais grosso. E também tem umas que vai mais longe outras mais perto.

P.8_A velocidade

Com o intuito de melhorar a visualização dos traços o autor eletrizou um balão com seu cabelo e o aproximou da câmara. A reação dos participantes foi imediata:

P.3_Ah! Ce vai polarizar... Por indução?

Lucas: Você me dirá isso na próxima etapa da oficina.

P.8_Fica mais legal, parece que saem mais.

P.3_Nossa tem umas que parecem uma chuva

P.2_Pois é

P.6_Ver contra luz fica tão bonito

P.6_Deixa o balão mais perto

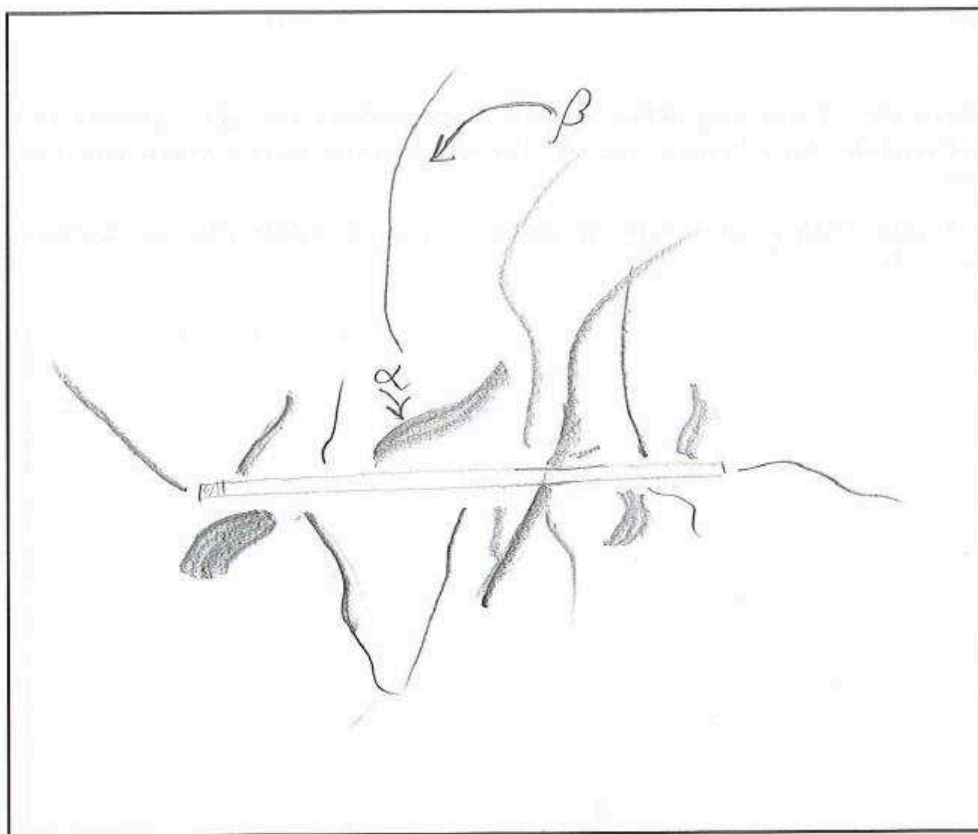
P.8_Olhar dessa posição fica bem diferente

P.6_Fica contra a luz.

Os mediadores, então, pediram para os participantes desenharem o que observaram no verso do questionário. Foi solicitado que representassem o fenômeno com o maior detalhamento possível, pois como salientado por Fan (2015), as produções gráficas dos estudantes adquirem maior detalhamento com a prática contínua. Sendo assim, dificilmente obteríamos produções detalhadas naquele momento, por ser uma atividade rara durante a vida acadêmica.

Na Figura 13, observamos a produção do P. 8 e nota-se um bom nível detalhamento. A análise do desenho permite concluir que o participante conseguiu observar e representar as principais características dos traços de cada partícula. Essa análise fica facilitada pela correta identificação que o P.8 adicionou ao desenho. Mais adiante, neste trabalho, detalharemos como o participante justificou a identificação que fez.

Figura 13: Desenho do fenômeno observado.

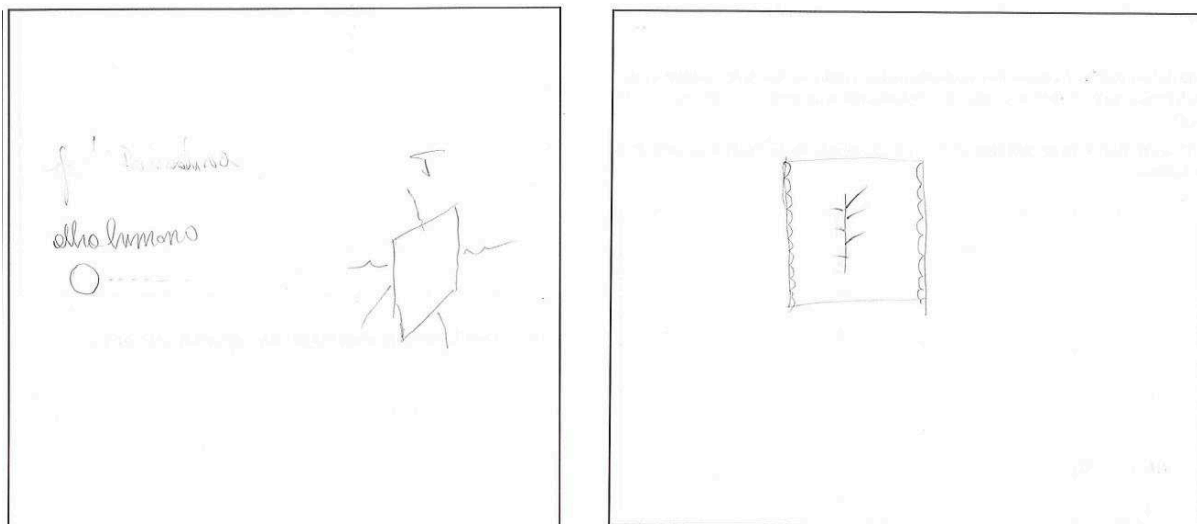


Nota-se bom detalhamento e correta identificação dos rastros.

Não há homogeneidade nas produções, o P.12, por exemplo minimamente representou o fenômeno como visto na Figura 14. Percebe-se que o participante se limitou a desenhar o

eletrodo e os rastros que ele emitia. Não há diferença notável entre os traços, nota-se que alguns são mais longos, contudo todos possuem espessura e formato semelhantes. Como o P.12 não respondeu à última questão não é possível concluir se ele levantou alguma hipótese sobre a diferenças dos rastros das partículas.

Figura 14: Comparação dos desenhos antes e depois da demonstração do P.12.



Uma análise detalhada de todas as produções ficaria muito extensa para este trabalho, por esse motivo apresentamos a seguir os desenhos de antes e depois da demonstração. Esse paralelo torna-se pertinente para verificar o distanciamento entre o imaginário e a realidade e localizar concepções que são mais fortes que o próprio fato experimental.

Figura 15: Comparação dos desenhos antes e depois da demonstração do P.1.

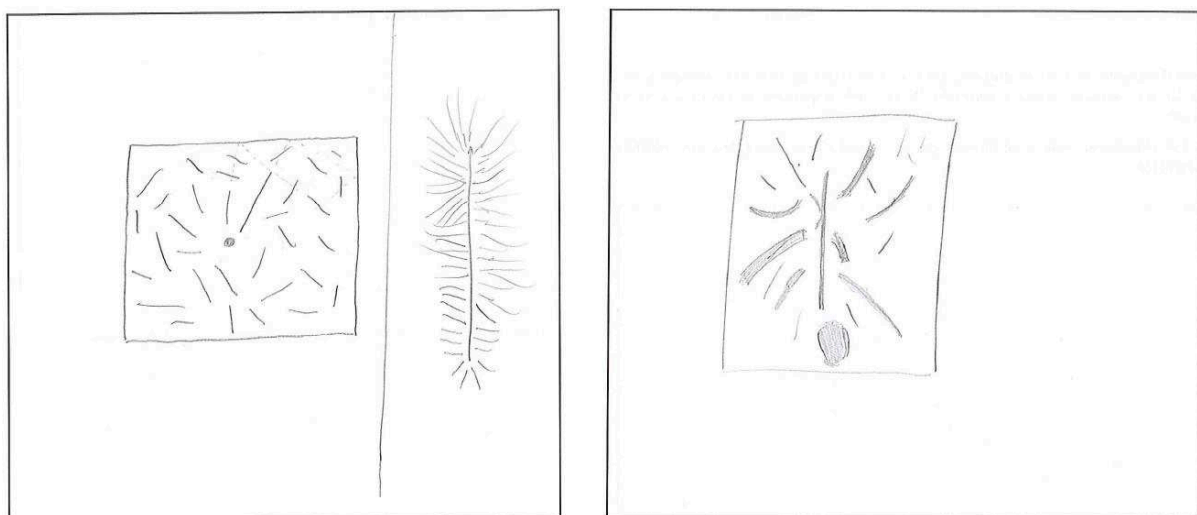


Figura 16: Comparação dos desenhos antes e depois da demonstração do P.2

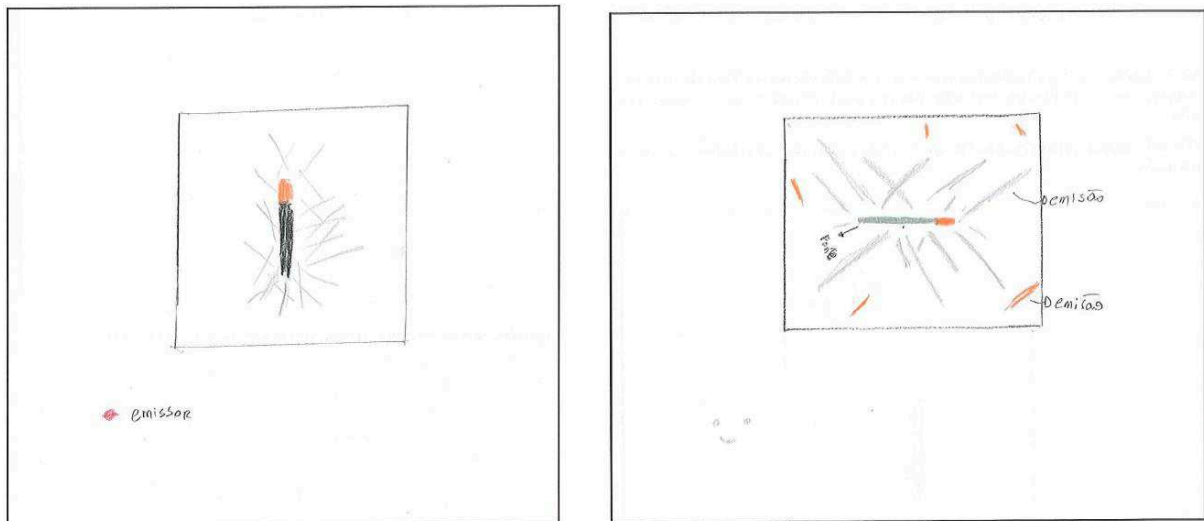


Figura 17: Comparação dos desenhos antes e depois da demonstração do P.3

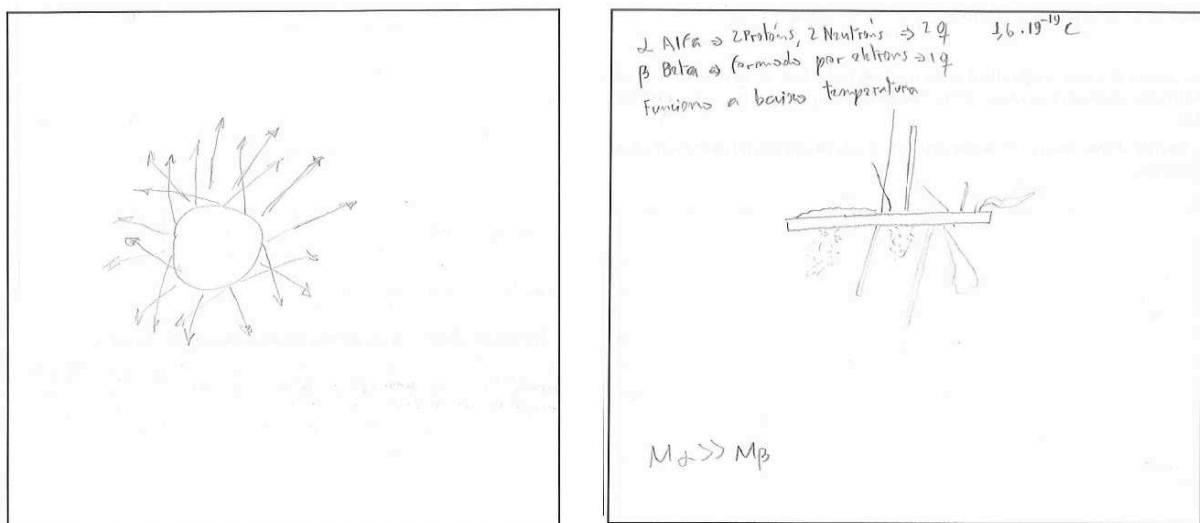


Figura 18: Comparação dos desenhos antes e depois da demonstração do P.4.

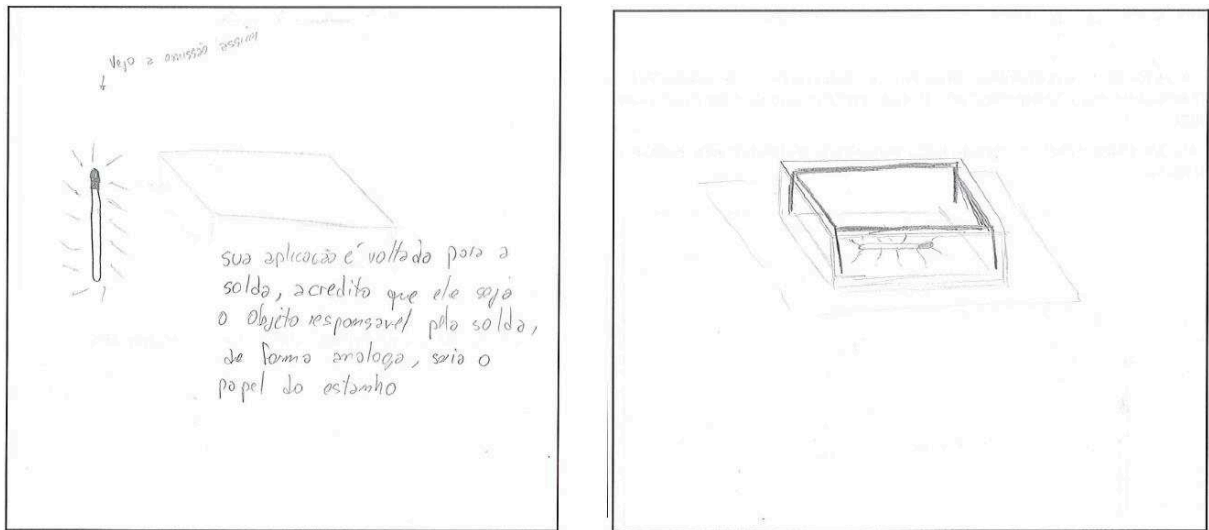


Figura 19: Comparação dos desenhos antes e depois da demonstração do P.5.

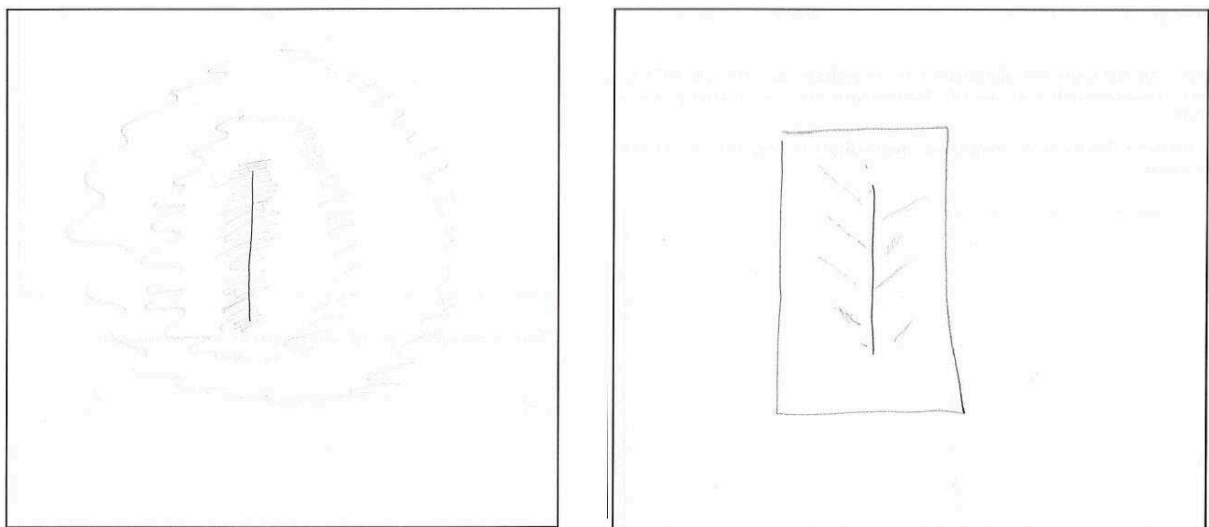


Figura 20: Comparação dos desenhos antes e depois da demonstração da P.6

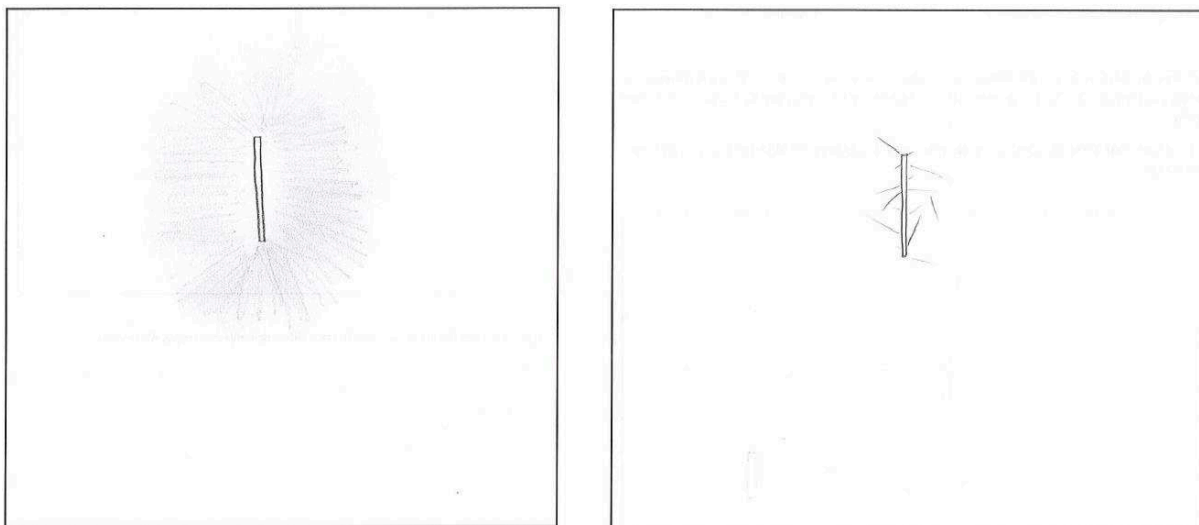


Figura 21: Comparação dos desenhos antes e depois da demonstração da P.7.

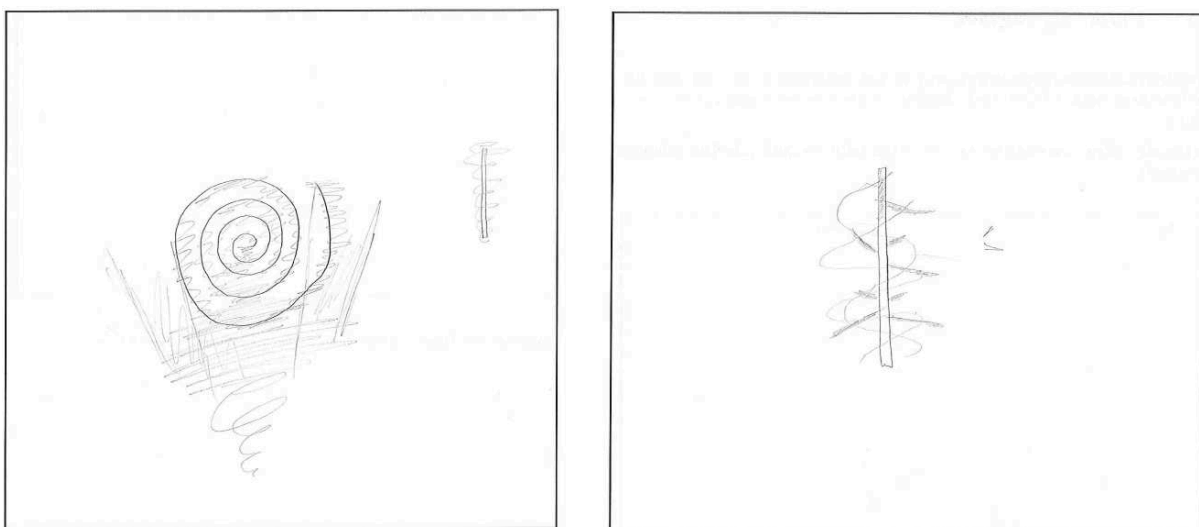


Figura 22: Comparação dos desenhos antes e depois da demonstração do P.8

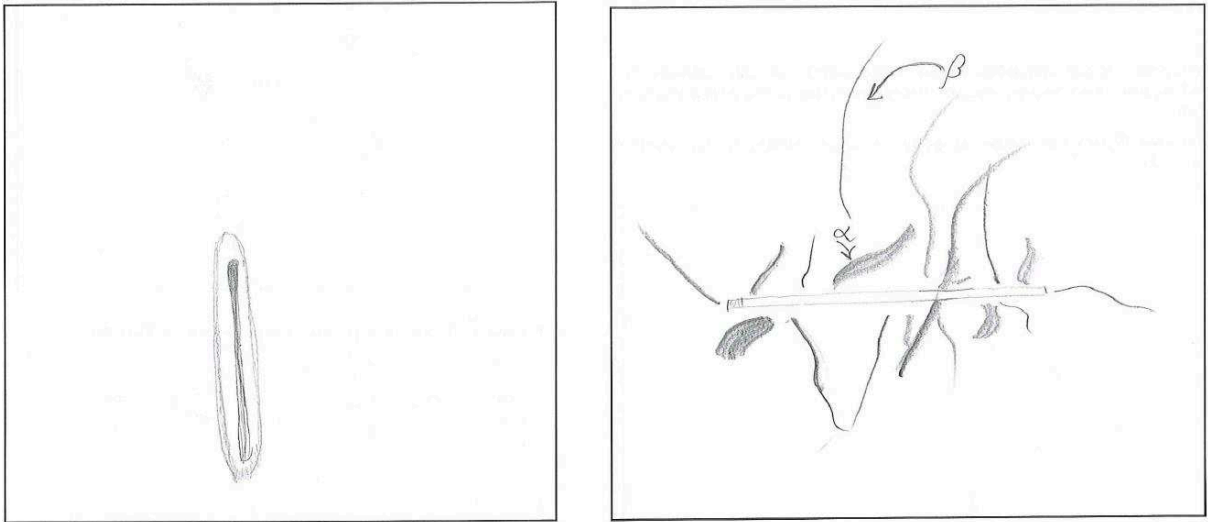


Figura 23: Comparação dos desenhos antes e depois da demonstração do P.9

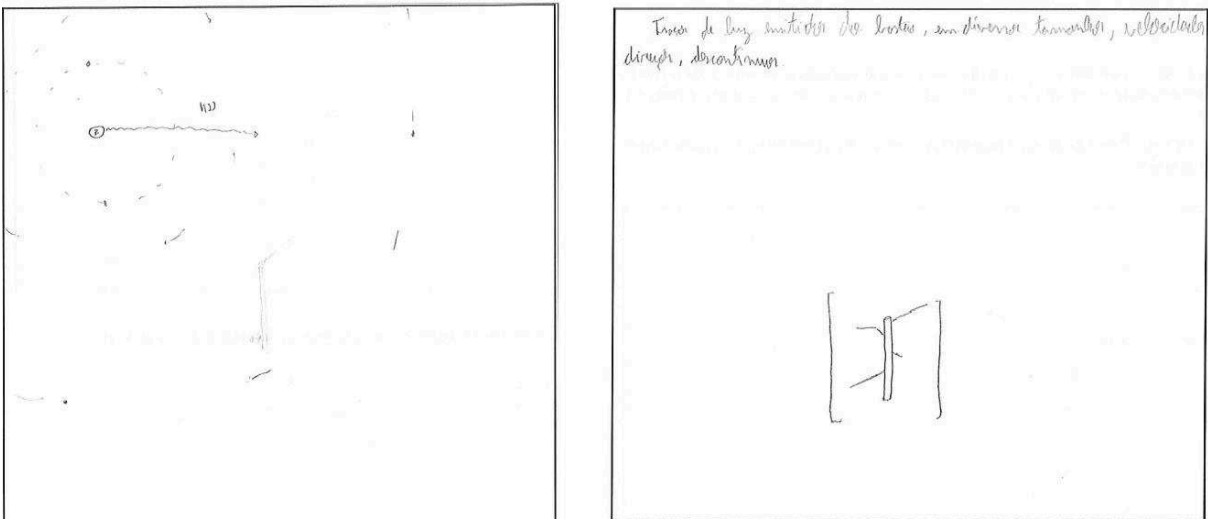


Figura 24: Comparação dos desenhos antes e depois da demonstração do P.10.

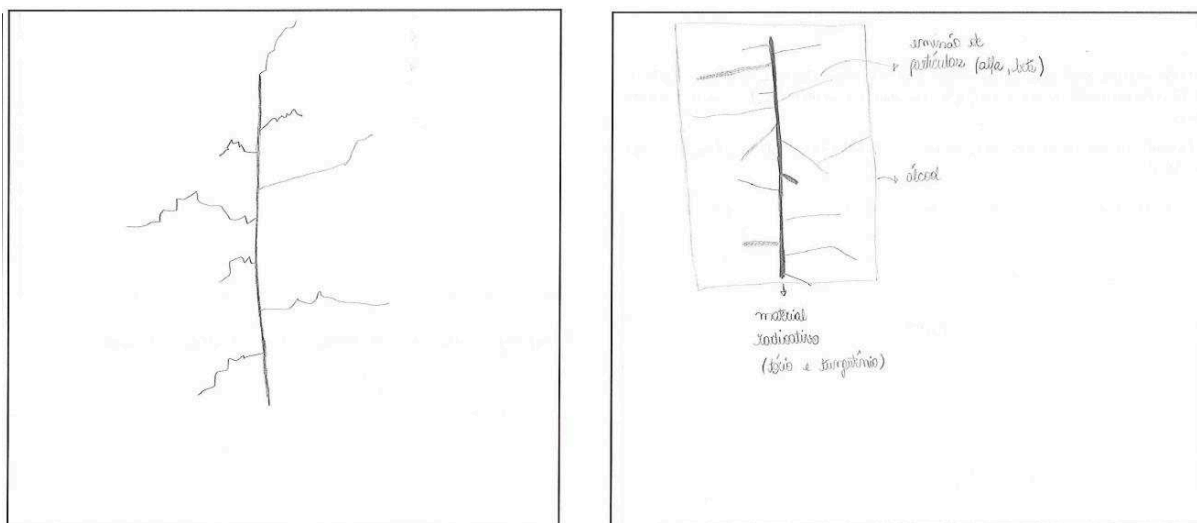
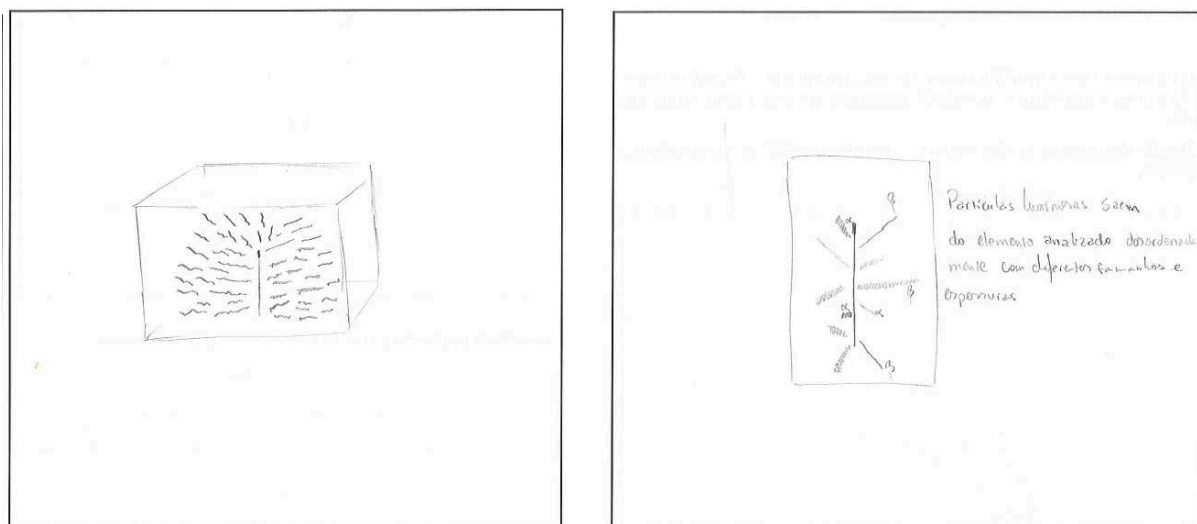


Figura 25: Comparação dos desenhos antes e depois da demonstração do P.11



Após o término da etapa de desenhos, iniciou-se o momento de socialização sobre a observação, com objetivo de tomar conhecimento sobre quais aspectos fenomenológicos devem ser enfatizados na etapa posterior da oficina:

Lucas_ O que que vocês observaram?

P.3_ Que os raios são desordenados, não tem constância.

P.4_ É preciso que o álcool se condense para que apareça rastros

Os participantes se mostraram tímidos em apresentar suas respostas a todos e o mediador insistiu:

Lucas_Todos os traços observados eram iguais?

P.3_Não, uns são contínuos, outros são como se fossem uma nuvem, como se fosse bastante vários pinguinhos.

P.8_Espessuras diferentes

P.7_O material acaba ou ele fica assim pra sempre? Tipo não se desgasta não?

P.3 e P.4_Tem o tempo de meia vida

Lucas_Quanto ao comprimento?

P.3_Uns é menor outros é mais largo

Lucas_E o formato deles? São todos retos?

P.3_Não uns são retos outros...

P.4_Não, eu vi a maioria como reto

P.6_sai dos dois lados

Uma característica importante dessa oficina foi a participação dos estudantes durante a oficina compartilhando suas dúvidas e impressões. Um dos momentos mais importantes dessa abertura para a diálogo ocorreu quando o autor encaminhava para a última etapa da oficina e foi interrompido:

P.7_Posso fazer uma pergunta?

Lucas_Claro

P.7_É... nesse caso o que a gente tá vendo num tá saindo nenhum material essa luz, esse material, esse álcool, tá fazendo a gente visualizar o que a gente não tá visualizando a olho nu. Então não tá saindo nada daí, isso aí é desse jeitinho a olho nu só que a gente não consegue ver sem o álcool e sem a luz.

Lucas_Isso, tá saindo algo ali só que a gente não vê.

P.7_Então aquilo lá tá sempre nesse material

Lucas_Sempre

O autor aproveitou a dúvida da P.7 para brevemente explicar que a radioatividade é algo inerente a um elemento químico e que não surge da interação da amostra com o experimento. Desde sua formação a amostra apresentava radioatividade, no entanto ela só é visível quando interage com o experimento.

Terceiro momento: Hipotetização sobre as diferenças dos traços

Inicialmente, o autor explicou que o Tório presente na amostra emite partículas alfa e beta, e, que para entendermos as diferenças dos traços precisamos falar sobre essas partículas. Nesta etapa os participantes levantaram hipóteses sobre as diferenças dos traços com o objetivo de identificar quais partículas os criaram. As informações necessárias para esta etapa foram trazidas pelos próprios participantes através do diálogo entre eles e o mediador:

Lucas_Vamos pensar primeiro na partícula alfa... Vocês lembram qual que é a carga de uma partícula alfa?

P.10_É o hélio, dois prótons e dois nêutrons

Lucas_Se eu chamar a carga do proton de q , então a carga da partícula alfa é?

P.5_2q

Lucas_ A partícula beta, vocês lembram qual que é a carga dela?

P.8_ -e

Lucas_Então a alfa tem 2q e a beta $-q$.

Lucas_Sabendo que a alfa tem 2 prótons e 2 nêutrons e que a beta é um elétron. Qual delas é mais pesada, tem mais massa?

P.10, P.8 e P.4_Alfa

Lucas_Muito maior ou muito menor que a do elétron?

P.8_Muito maior

O autor então reforçou os conhecimentos que os participantes levantaram sobre as partículas e sintetizou tudo na lousa como mostrado na Tabela 1. Então, os participantes foram convidados a discutirem em grupo com o objetivo de identificar a partícula causadora de cada rastro.

Tabela 1: Informações sobre as partículas α e β levantadas pelos participantes para a solução do problema.

α	β
$2q$	q
$m_\alpha \gg m_\beta$	

A oficina tinha uma previsão para terminar as 22h, entretanto os participantes se mostravam tão entusiasmados em suas discussões que foi proposto um adiamento de 10 min para o término. Apenas o P.8 não pôde ficar por motivos de transporte. Enquanto alguns grupos terminavam de discutir, duas evidências do interesse despertado pela câmara de nuvens foram observadas. O primeiro foi a interação do P.2 com o aparato e o segundo as sugestões levantadas por P.3:

P.3_Toda vez tem que limpar? Não tem como eu fazer uma banheira onde ele fica lá mergulhado e eu criar um ambiente para que isso aconteça?

Antoine_Banheira? Como assim?

P.3_É tipo um cilindro onde ele fica pendurado e eu criar um negócio de álcool em volta. Entendeu, ao invés de fazer ele num plano parado, eu faço ele em 3 dimensões, ele emite para todos os lados.

Além de demonstrar interesse pelo aparato e fazer sugestões, o P.3 demonstrou que compreendeu que a amostra emite em todas as direções e não apenas no plano da região sensível à radiação ionizante. Por esse motivo ele sugeriu uma modificação que permitiria ver a emissão em 3 dimensões espaciais.

Após a discussão em grupo, os participantes foram convidados a compartilhar suas hipóteses com todos. Segue abaixo algumas das suas falas:

P.2_Eu acho que as finas são as betas por que a carga delas é menor e elas conseguem puxar menos álcool. E as mais grossas, per aí [argumenta sussurrando]. É, e as mais grossas são as alfas por que a carga delas é maior e elas conseguem puxar mais álcool. Então conseguem condensar mais álcool.

P.8_Onde a amostra está tem uma temperatura que é plano e ela tá diferente da parte de cima da câmara. O álcool está na forma de vapor, mas no fundo ele está condensado. Como as partículas alfa são de massa bem maior que as beta e também elas ionizam bem mais elas são impedidas de ter uma velocidade de escape tão grande quanto as outras que são de massa bem menores. A gente pode relacionar isso com a variação do momento no tempo e pra gente ter, é... todas com o mesmo momento ou a massa de uma ser maior que a massa da outra e a aceleração também. Então com isso a gente, logo, consegue concluir que a massa de alfa é bem maior que a massa de beta implica que a velocidade de alfa vai ser bem menor que a velocidade de beta. Então, quando a gente aproxima a bexiga que possui cargas negativas devido a eletrização por atrito elas atraem as cargas positivas que estão no meio que são as cargas alfa. Então elas vão sair com é... vão ter mais evidencia dela no meio que as betas por que tá tendo uma atração ali entre as cargas.

Percebe-se que o P.2 conseguiu identificar corretamente as partículas comparando o poder de ionização de cada uma. Assim, a partícula α , que é mais ionizante que a β possui traço mais espesso, por produzir mais íons. Estes íons provocam a formação de um traço mais aparente. O participante não se preocupou com formato e comprimento dos traços. Já o participante P.8 levou em consideração a massa de cada partícula para analisar o comprimento do traço, além de corretamente associar a espessura com a carga. Nenhum dos participantes, no entanto, relacionou a massa da partícula com o formato (reto ou tortuoso) de seu rastro como podemos perceber nas demais respostas colhidas por questionário:

P.1_As linhas finas são partículas β , pois tem um tamanho bem menor e como são mais leves são lançadas mais longes, já a partícula α ioniza rapidamente desaparecendo mais rápidos e no momento em que bixiga energizada com elétrons atrai as partículas α fazendo aparecer mais os seus movimentos.

P.2_ Os traços finos provavelmente correspondem as partículas betas, pois sua baixa carga, permite condensar menos álcool a sua volta, como sua massa é menor eles podem ir mais longe, já a partícula beta faz um traço mais grosso porém vai menos longe por ter uma massa menor, com excessão algumas variações de probabilidade com relação a energia de emissão. Por fim algumas partículas refletem na parede da caixa deixando traços que não parecem ser emitidos pela fonte.

P.3_ Alfa por ter $2q$ emitirá um E (campo) mais intenso formando mais linhas de radiação contínuas, e Beta por ter um campo menos intenso, sua radiação saem descontinuas por não terem forças suficientes para atrair as partículas de álcool.

P.4_ Ao contato com o álcool a partícula alpha, emitida pelo elemento químico interage com ele, porem ele interage com a temperatura muito baixa, tal interação possibilita observar os fenômenos radioativos. Tanto o alpha como o beta fazem com que aconteça o efeito, porem as partículas alpha possuem mais massa que as partículas beta, portanto os traços mais grosso e grandes são exibidos pelas partículas alfas e as betas farão com que crie traços mais finos.

P.5_ A partícula que for emitida com velocidades maior chegará mais longe mas ã consigo justificar com esses dados.

P.6_ Sobre o tamanho: como α possui uma massa maior, ela terá uma energia potencial maior e consequentemente uma velocidade maior. E β o contrário. Então, α “vai mais longe” que β .

P.7_ Acredito que alfa seja a onda menor e Beta seja a maior não cheguei em nenhuma hipótese que possa explicar isso.

P.8_ Onde a amostra está, temo uma temperatura fria $\neq$ da parte superior da câmara. O álcool esta em forma de vapor, mas ele começa a se condensar no fundo da câmara. Como as partículas α são de mais massa e ionizam bem mais, eles são impedidos de ter uma velocidade de escape tão alta, já a β são de massa menores, e saem com alta velocidade, chegando mais longe.

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{m d\vec{x}}{dt} \Rightarrow \frac{d(m\vec{x})}{dt} = \frac{m d\vec{x}}{dt}$$

Relacionando m e $\dot{x}$ logo para $m_\alpha \gg m_\beta \Rightarrow v_\alpha \ll v_\beta$

Quando aproximamos a bexiga que possuía cargas negativa devido a eletrização, elas atraíram as cargas positivas no meio, com as partículas α possuem 2 prótons e 2 neutrons, houve uma maior evidência desses partículas no meio.

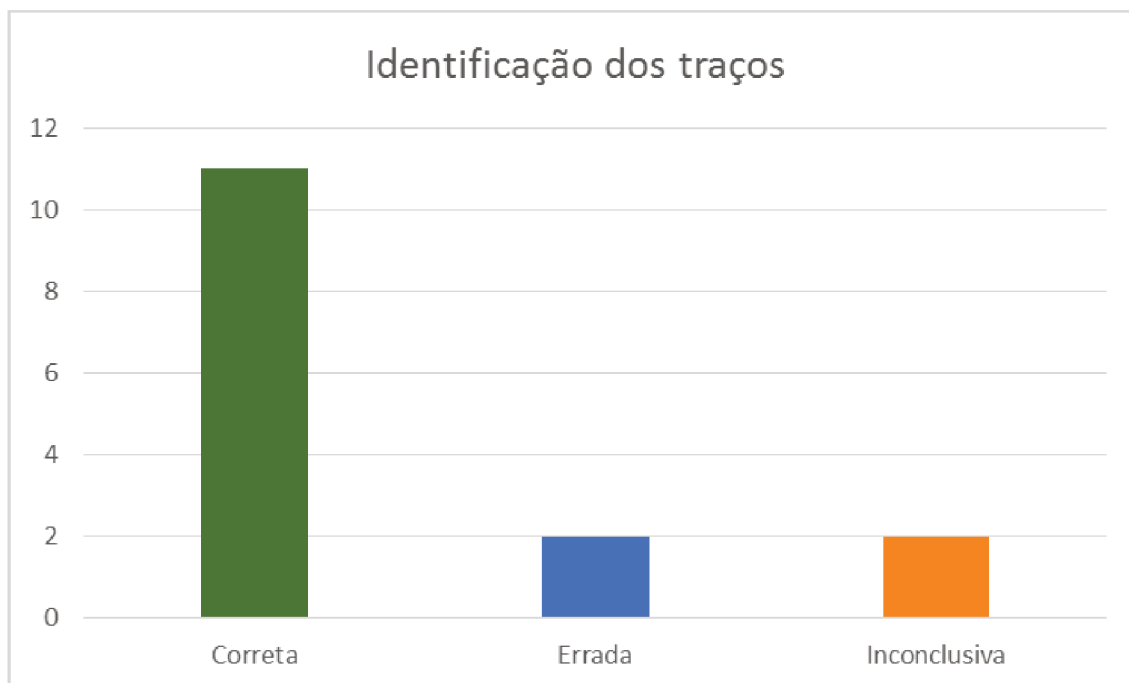
P.9_A fonte emite diferentes partículas, α e β , a partícula alfa possui massa muito maior que beta e carga maior. Com isso a partícula alfa possui menor alcance, pois sofre maior força coulombiana. E a partícula beta possui um caminho menor tortuoso devido sua massa pequena.

P.10_(H_4^2) Partícula $^{(+)}$ alfa $\rightarrow$ são mais pesadas e, por isso apresentam os traços mais curtos e mais densos. (ionizam mais) Partícula beta $\rightarrow$ são mais leves e penetram mais, porém ionizam menos.

P.11_Os traços mais longos e finos são partículas β , devido sua carga e a massa ser menor que a partícula α e possui grau de ionização menor. Já os traços menores e grossos são partículas α , por possuir massa maior e carga maior e grau de ionização maior. Quando aproxima o balão após ter esfregado no cabelo ficando com carga negativa, as partículas alfa foi atraídas por possuírem carga positiva

O P.12 precisou deixar a oficina antes de concluir a última questão. Como observado nas transcrições acima e na Figura 26, a maioria dos participantes conseguiu levantar uma hipótese para explicar as diferenças dos traços e os identificou corretamente.

Figura 26: Identificação dos traços observados.



O P.2 foi o único que se atentou para o fato de que algumas partículas não eram claramente emitidas pela fonte. Ele hipotetizou que algumas delas “refletem” na parede da câmara. De fato, pode ocorrer espalhamento de algumas partículas, principalmente beta, quando atingem as paredes. O aparecimento de partículas alfa, no entanto, se deve, principalmente, ao decaimento de isótopos de radônio naturalmente presente na atmosfera e oriundo de amostras que contenham isótopos de Tório.

P.1 e P.11 claramente relacionaram a maior evidência dos traços das partículas alfa com o efeito do campo elétrico do balão. P.8 também relacionou os dois, porém de forma não tão clara. Essas respostas mostram que se faz necessária uma melhor abordagem do efeito do balão em futuras atividades com a câmara de nuvens. Segundo Wilson (1911), o campo elétrico externo melhora a visualização dos traços, pois “varre” os íons naturalmente presentes dentro da câmara (e no ar) para o topo da câmara. Essa limpeza é necessária uma vez que a nucleação do álcool ocorre em íons (AITKEN, 1888) e assim eles “roubam” o vapor de álcool que deveria chegar à zona supersaturada. A resposta de P.8 também chama atenção por ser a única que utiliza formalismo matemático.

Quarto momento: Explicação

Após a conversa sobre as hipóteses de cada grupo foi feita uma demonstração com o objetivo de identificar as partículas baseando no seu poder de penetração. Uma amostra de Pechblenda foi colocada dentro da câmara para que os participantes pudessem observar que as partículas emitidas são as mesmas que o eletrodo emite, porém mais intensos. Então o autor se dirigiu ao grupo com o intuito de colher informações sobre o poder de penetração das partículas:

Lucas_Alguém lembra com o que se consegue barrar uma partícula alfa?

P.2 e P.4_Papel

P.1_Chumbo

Lucas_A partícula alfa pode ser barrada com papel. E assim podemos testar as hipóteses de vocês.

P.7_Por que só papel?

Lucas_Por que a partícula alfa interage bastante com a matéria. Quando você coloca papel na frente dela, ela já vai interagir, perder energia e capturar os elétrons que precisa para ser estável.

Lucas_Podemos testar com essas caixinhas que eu fiz, uma é de papel cartão e a outra de sulfite. Vamos pegar a amostra colocar dentro da caixinha e como vocês disseram as partículas alfa serão barradas pela caixinha. Então, os rastros que desaparecem ou forem reduzidos drasticamente serão partículas alfa. O que sair é partícula beta, essa partícula não é barrada pelo papel.

Na Figura 27, observamos a amostra antes e depois de ser colocada na caixa. Percebe-se que a quantidade de traços espessos, quase retilíneos e curtos, praticamente desaparece. Então o autor mediou os participantes a uma conclusão:

Figura 27: Teste de penetração das partículas.



Os traços de partículas beta estão destacados, conclui-se, então que o papel barrou as emissões alfa. **Fonte: Fotografia do autor**

Lucas_Vocês estão vendo mais traços finos ou espessos? Lembre-se do que vocês viram antes.

P.11_Mais fininhas.

Lucas_E os traços? São mais curtos, mais longos, tortuosos ou retos?

P.4_Antes tinha mais traços retos.

Lucas_Conseguiram chegar a uma conclusão?

P.3, P.7, P.6, P.5, P.2 e P.3_Beta.

Lucas_Então alfa tem o tracinho fino ou grosso?

P.3, P.7, P.6, P.5, P.2 e P.3_Grosso

Lucas_Bom vocês acertaram.

Os participantes cujas hipóteses estavam certas comemoram e o autor apresentou uma animação preparada com o intuito de explicar de forma mais clara a formação dos traços. A oficina terminou oficialmente.

O Pós Oficina

A oficina terminou às 22h15min, contudo a maioria dos participantes continuou e mais três pessoas vieram de outra oficina que acabara de terminar na sala ao lado. Elas ficaram, pois, o autor ofereceu uma demonstração com outra amostra:

Lucas_Temos uma amostra muito mais ativa, monazita de Guarapari.

P.7_Que material é esse?

Lucas_Isso aqui é areia monazítica que foi pega na praia da areia preta, uma praia radioativa em Guarapari – ES. Mas apesar da praia ser radioativa, lembre-se que acabamos de ver que uma folha de papel foi suficiente para barrar a partícula alfa. Então, as células mortas da nossa pele já são suficientes para barrar as partículas alfa. Então as pessoas não estão correndo riscos devido a essas partículas enquanto elas não forem ingeridas, respiradas, entrarem nos olhos. Vocês viram que a alfa possui traços mais espessos, isso significa que ela ioniza bastante, e, dessa forma se entrar no corpo ela ioniza mais que as demais partículas. Dentro do seu corpo ela é muito perigosa.

Os participantes corretamente identificaram as partículas alfa emitidas pela amostra como visto na Figura 28. Nesse momento de pós-oficina ficou evidente o interesse dos participantes pela atividade. Anteriormente, esse interesse havia sido indicado pela não utilização de smartphone durante a oficina, os participantes estavam focados e agindo ativamente durante as atividades. Além dessas evidências, uma participante convidou os mediadores a levar a oficina ao Principia, um encontro organizado pelos estudantes do INFIS com o objetivo de discutir física. Essa participante inclusive sugeriu a extensão do tempo de duração da atividade, pois 1h30min mostrou-se insuficiente. Outra demonstração de interesse e impacto da oficina no imaginário dos participantes foi a aproximação da P.7 no dia posterior, com intuito de sanar dúvidas sobre a emissão de partículas pelas amostras. Ela estava interessada sem saber se o eletrodo emitia apenas em um plano ou em todas as direções. Por fim, o P.12, que precisou sair mais cedo da oficina, também procurou o autor para conversar sobre um modelo de câmara de nuvens de baixo custo.

Figura 28: Visão superior das emissões em uma amostra de areia monazítica.



Os traços curtos, espessos e aproximadamente retilíneos são característicos de partículas alfa. **Fonte: Fotografia do autor.**

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou os resultados da utilização de uma câmara de nuvens com estudantes do ensino superior da Universidade Federal de Uberlândia, com o objetivo de promover o aprofundamento do conhecimento científico sobre radioatividade, a partir de uma

proposta investigativa. A oficina foi estruturada com o intuito de buscar uma participação ativa dos inscritos durante as etapas da atividade. A análise dos resultados mesclou aspectos qualitativos e quantitativos com o intuito de obter uma visão todo, como foco nos processos, principalmente. Foi observada uma grande abstenção de participantes, apenas nove dos vinte inscritos compareceram, sendo que três pessoas se inscreveram no momento totalizando doze participantes. Estes foram divididos em grupos por critérios de afinidade e conhecimento do experimento. Foi observada uma grande interação dos participantes durante os momentos de discussão em grupo. No entanto, este comportamento se inverteu durante a socialização com os demais grupos, os participantes ficaram acanhados demonstrando medo de errar.

Os resultados do questionário de conhecimentos prévios mostram que 50% dos participantes, que associaram algum conhecimento sobre radioatividade, a associam com fatos negativos, os demais com fatos negativos e positivos. Dez participantes falaram sobre a natureza das radiações destes, dois disseram que as radiações são apenas ondas, quatro disseram que são apenas partículas e quatro disseram que podem ser ondas e/ou partículas.

Quanto à possibilidade de se visualizar os fenômenos radioativos, nove participantes acreditavam na possibilidade, dois não tinham certeza e um tinha certeza que não. Dos doze participantes apenas 4 não conseguiram citar ou propor um método para se visualizar tais fenômenos. No tocante à câmara de nuvens, metade dos participantes conhecia o experimento de vídeo, aulas ou mostras científicas, o restante não conhecia o experimento.

Parte da coleta de dados ocorreu por meio de desenhos sobre o imaginário em relação à radioatividade e ao fenômeno observado. A comparação destas produções mostrou que a maioria dos participantes observa corretamente a diferença dos traços deixados pelas partículas. Essa constatação é reforçada pelas hipóteses levantadas para explicar essas diferenças. No entanto, algumas produções careceram de detalhes que pudessem levar à alguma conclusão sobre a aquisição de novos conhecimentos sobre o fenômeno.

Em todos os momentos, a participação e o compartilhamento de conhecimentos foram estimulados, uma vez que o intuito desta oficina era explorar a fenomenologia das radiações ionizantes com base no conhecimento que os participantes já possuíam. Todas as informações necessárias para execução da oficina, exceto sobre o funcionamento da câmara, vieram dos participantes. Essa é a característica mais relevante desta proposta no ponto de vista do autor.

Após o término da oficina muitos participantes permaneceram na sala com intuito de participar de mais observações. Novas questões foram levantadas e o interesse dos participantes pelo experimento e pelo tema radioatividade ficou evidente. Este interesse foi manifestado novamente por alguns participantes no dia seguinte. Isso mostra a necessidade de se abrir espaço para maiores discussões sobre o tema dentro dos cursos de física ofertados no Instituto de Física.

Como uma atividade exploratória, tanto sobre o formato, quanto pelo tema, a oficina cumpriu seu papel satisfatoriamente. Contudo, foi observado que o tempo da atividade deve ser estendido, perfazendo no mínimo duas horas, com o intuito de permitir mais discussões e observações mais detalhadas. Investigações futuras serão feitas com o intuito de utilizar a câmara de nuvens dentro um curso, possivelmente uma sequência didática na qual as atividades desta oficina sejam realizadas com mais profundidade procedimental e conceitual. Dois experimentos já estão sendo desenvolvidos com este intuito. O primeiro é um detector de faíscas para estudo do alcance das partículas alfa, que já encontra em fase de execução. O segundo é um conjunto de eletroímãs, possivelmente bobinas Helmholtz, para o estudo de deflexão das partículas.

Finalmente, é importante ressaltar que esta oficina foi um momento de discussões com o intuito de promover a interação entre os participantes e proporcioná-los contato com a metodologia investigativa. Acima de tudo, pretendíamos despertar o interesse dos participantes pelo tema radioatividade e nossos resultados nos levam a crer que alcançamos esse objetivo através do engajamento dos presentes.

REFERÊNCIAS

- AITKEN, J.. On the number of dust particles in the atmosphere. **Transactions Of The Royal Society Of Edinburgh**, Edinburgh, v. 35, n. 1, p.1-19, jan. 1888. Disponível em: <<https://archive.org/details/transactionsofro3511889ro>>. Acesso em: 16 ago. 2017.
- ANDERSON, C. D.. The Apparent Existence of Easily Deflectable Positives. **Science**, [S.l.], v. 76, n. 1967, p.238-239, set. 1932. Disponível em: <<http://science.sciencemag.org/content/76/1967/238>>. Acesso em: 17 ago. 2017.
- ANDRÉ, M. O que é um Estudo de Caso Qualitativo em Educação? **Revista da Faeeba-Educação e Contemporaneidade**, [s.l.], v. 22, n. 40, p.95-103, 29 maio 2014. Revista da FAEEBA. <http://dx.doi.org/10.21879/faeeba2358-0194.v22.n40.753>. Disponível em: <<https://www.revistas.uneb.br/index.php/faeeba/article/view/753/526>>. Acesso em: 03 nov. 2017.
- AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Thomson Learning, 2006. p.19-33.
- BAROJAS, J.. (Ed.) **Cooperative networks in physics education**. New York: American Institute of Physics, 1988. (AIP Conference Proceedings, 173).
- BARROW, L. H. A Brief History of Inquiry: From Dewey to Standards. In: **Journal of Science Teacher Education**, 2006, 17:265–278, Springer 2006.
- BORGES, A. T.; Novos Rumos para o Laboratório Escolar. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. Florianópolis Vol. 19, No. 3, p.291-313, dez. 2002.
- BRASIL. Secretaria de Educação Básica. **Orientações Curriculares Nacionais**. Brasília: Ministério da Educação, 2006.
- CAMPOS, B.S. et al. Física para Crianças: Abordando Conceitos Físicos a partir de Situações-Problema. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 34, n. 1, p.1-14, fev. 2012
- CARMO, A. B.; CARVALHO, A. M. P. de. Construindo a Linguagem Gráfica em uma Aula Experimental de Física. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 15, n. 1, p.61-84, jan. 2009.
- CARVALHO, A.M.P. A pesquisa no ensino, sobre o ensino e sobre a reflexão dos professores sobre seus ensinios. **Educação e Pesquisa**, v. 28, n. 2, p.57-67, jul./dez. 2002.
- CRUZ, F. F. de S. Radioatividade e o acidente de Goiânia. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 4, n. 3, p.164-169, dez. 1987. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7842/7213>>. Acesso em: 13 ago. 2017.
- D'ANDREA, Alexandre Dimas Queiroz. **Câmara de Wilson Eletrônica para o Auxílio na Aprendizagem de Física Moderna no Ensino Médio**. 2014. 128 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências Exatas, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2014

DEBOER, G. E. Historical perspectives on inquiry teaching in schools. In: FLICK; LEDREMAN. **Scientific inquiry and nature of science**. Implications for teaching, learning, and teacher education. Springer, 2006.

DEWEY, J.. **Democracia e educação: introdução a filosofia da educação**. 3ª ed. São Paulo: Comp. Ed. Nacional, 1959.

DOMINGUINI, L.. Física moderna no Ensino Médio: com a palavra os autores dos livros didáticos do PNLEM. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [S.l.], v. 34, n. 2, p.1-7, jun. 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v34n2/v34n2a13.pdf>>. Acesso em: 11 ago. 2012.

FAN, Judith E.. Drawing to learn: How producing graphical representations enhances scientific thinking.. **Translational Issues In Psychological Science**, [s.l.], v. 1, n. 2, p.170-181, 2015. American Psychological Association (APA). <http://dx.doi.org/10.1037/tps0000037>. Disponível em: <http://www.judithfan.net/uploads/2/2/7/8/22781858/2015_fan_drawing_to_learn_how_producing_graphical_representations_enhances_scientific_thinking.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2017.

GLASER, D. A.. Some Effects of Ionizing Radiation on the Formation of Bubbles in Liquids. **Physical Review**, [S.l.], v. 87, n. 4, p.665-665, ago. 1952. Disponível em: <<https://journals.aps.org/pr/abstract/10.1103/PhysRev.87.665>>. Acesso em: 17 ago. 2017.

HURD, P. **New directions in teaching secondary school science**. Chicago: Rand McNally. 1970.

JOSÉ, W. D. et al. ENEM, Temas Estruturadores e Conceitos Unificadores no Ensino De Física. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (belo Horizonte)**, [s.l.], v. 16, n. 3, p.171-188, dez. 2014. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21172014160308>. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/epec/v16n3/1983-2117-epec-16-03-00171.pdf>>. Acesso em: 03 nov. 2017.

KELECOM, A; GOUVEA, R. de C. dos S. A Percepção da Radioatividade por Estudantes de Nível Superior. **Mundo & Vida**, Niterói, v. 3, n. 2, p.78-89, jun. 2001. Disponível em: <[http://www.uff.br/cienciaambiental/mv/mv3/MV3\(2\)78-89.pdf](http://www.uff.br/cienciaambiental/mv/mv3/MV3(2)78-89.pdf)>. Acesso em: 30 out. 2017.

LAGANÁ, C.. Estudo de raios cósmicos utilizando uma câmara de nuvens de baixo custo. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [S.l.], v. 33, n. 3, p.1-5, set. 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v33n3/02.pdf>>. Acesso em: 18 ago. 2017.

LANGSDORF, A.. A Continuously Sensitive Diffusion Cloud Chamber. **Review Of Scientific Instruments**, [S.l.], v. 10, n. 3, p.91-103, mar. 1939. Disponível em: <<http://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/1.1751494>>. Acesso em: 17 ago. 2017.

LATTES, C. M. G.; OCCHIALINI, G. P. S.; POWELL, C. F.. Observations on the Tracks of Slow Mesons in Photographic Emulsions. **Nature**, [S.l.], v. 160, n. 4066, p.453-456, out. 1947. Disponível em: <<https://www.nature.com/nature/journal/v160/n4066/pdf/160453a0.pdf>>. Acesso em: 17 ago. 2017.

LOURENÇO, V. M. **Limites e Possibilidades do Enem no Processo de Democratização do Acesso à Educação Superior Brasileira**. 2016. 145 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de

Mestrado Profissional em Educação, Faculdade de Educação, Universidade de Brasília, Brasília, 2016. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/20129/1/2016_VâniaMariaLourenço.pdf>. Acesso em: 03 nov. 2017.

MCDEMORTT, L. C.; SHAFFER, P. S; ROSENQUIST, M. L. **Physics by Inquiry: An Introduction to Physics and the Physical Sciences**, Vol. 2. New Jersey: Wiley, 1995. 464 p.

MEDEIROS, M. de A.; LOBATO, A. C.. Contextualizando a Abordagem de Radiações no Ensino de Química. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (belo Horizonte)**, [S.l.], v. 12, n. 3, p.65-84, dez. 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/epec/v12n3/1983-2117-epec-12-03-00065.pdf>>. Acesso em: 13 ago. 2017

NEDDERMEYER, S. H.; ANDERSON, C. D.. Note on the Nature of Cosmic-Ray Particles. **Physical Review**, [S.l.], v. 51, n. 10, p.884-886, maio 1937. Disponível em: <<http://authors.library.caltech.edu/8618/1/NEDpr37.pdf>>. Acesso em: 17 ago. 2017.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A.. Uma Revisão Bibliográfica Sobre a Área de Pesquisa “Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio”. **Investigações em Ensino de Ciências**, [S.l.], v. 5, n. 1, p.23-48, ago. 2000. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/600/390>>. Acesso em: 12 ago. 2017.

PAULUCCI, L.. **Divulgação Científica**: Observando raios cósmicos através da construção de uma câmara de nuvens. Disponível em: <<https://sites.google.com/site/lapaulucci/divulgacao-cientifica>>. Acesso em: 18 ago. 2017.

PINHEIRO, L. A.. A câmara de nuvens: uma abordagem integrada entre a Física Clássica e a Física Moderna. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [S.l.], v. 32, n. 2, p.517-528, maio 2015. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2015v32n2p517/29948>>. Acesso em: 18 ago. 2017

PINTO, A. C.; ZANETIC, J.. É Possível Levar a Física Quântica para o Ensino Médio? **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 16, n. 1, p.7-34, abr. 1999. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6873/6333>>. Acesso em: 12 ago. 2017.

RODRIGUES, T. A.; BORGES, A. T. O Ensino de Ciências por Investigação: Reconstrução Histórica. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 11., 2008, Curitiba. **Atas...** Curitiba: SBF, 2008. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/xi/atas/listaresumos.htm>>. Acesso em: 13 jun. 2012

SHERIN, B.; EDELSON, D.; BROWN, M. On the content of task- structured science curricula. In: **Scientific Inquiry and nature of science: implications for teaching, learning, and teacher education**. Springer, 2006.

SILVA, F. C. V. da; CAMPOS, A. F.; ALMEIDA, M. A. V. de. Alguns aspectos do ensino e aprendizagem de radioatividade em periódicos nacionais e internacionais. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, [S.l.], v. 10, n. 19, p.46-61, dez. 2013. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufpa.br/index.php/revistaamazonia/article/view/2185/2480>>. Acesso em: 13 ago. 2017.

SOLINO, A. P.; GEHLEN, S. T.. Abordagem Temática Freiriana e o Ensino de Ciências por Investigação: Possíveis Relações Epistemológicas e Pedagógicas. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 19, n. 1, p.141-162, dez. 2014.

SOUZA, M. dos S.. **Abordando os Raios Cósmicos no Ensino Médio**: Uma Proposta de Sequência de Ensino. 2017. 92 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2017. Disponível em: <http://www1.fisica.org.br/mnpef/sites/default/files/dissertacao_Marilaine.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2017.

STAKE, R. E. Case Studies. In: DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. (Ed.). **Handbook of qualitative research**. London: SAGE Publications, 1994. p. 236-247.

TERRAZZAN, E. A.. A Inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino de Física na Escola de 2º Grau. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 9, n. 3, p.209-214, dez. 1992. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/viewFile/7392/6785>>. Acesso em: 12 ago. 2017.

WILSON, C. T. R.. On a Method of Making Visible the Paths of Ionising Particles through a Gas. **Proceedings Of The Royal Society Of London: Series A, Containing Papers of a Mathematical and Physical Character**, [S.l.], v. 85, n. 578, p.285-288, jun. 1911. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/93205>>. Acesso em: 17 ago. 2017.

WILSON, C. T. R.. On an Expansion Apparatus for Making Visible the Tracks of Ionising Particles in Gases and Some Results Obtained by Its Use. **Proceedings Of The Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences**, [S.l.], v. 87, n. 595, p.277-292, set. 1912. Disponível em: <<http://rspa.royalsocietypublishing.org/content/87/595/277>>. Acesso em: 17 ago. 2017

WILSON, C. T. R.. **C.T.R. Wilson - Banquet Speech**. 1927. Disponível em: <https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1927/wilson-speech.html>. Acesso em: 16 ago. 2017

WUO, W.. **A Física e os Livros**: Uma Análise do Saber Físico nos Livros Didáticos Adotados para o Ensino Médio (EDUC/FAPESP, Sao Paulo, 2000).

YIN, R. K. (2002). **Estudo de caso**. Planejamento e Métodos. Porto Alegre: Artmed, tradução do original de 1994, Case study research: design and method, Sage Publications.

YOSHINAGA, K.; KUBOTA, M.; KAMATA, M.. Simple cloud chambers using a freezing mixture of ice and cooking salt. **Physics Education**, [S.l.], v. 50, n. 1, p.23-27, dez. 2014. Disponível em: <<http://iopscience.iop.org/ez34.periodicos.capes.gov.br/article/10.1088/0031-9120/50/1/23/meta>>. Acesso em: 17 ago. 2017.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E.. Atividades Investigativas no Ensino de Ciências: Aspectos Históricos e Diferentes Abordagens. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 13, n. 03, p.67-80, out. 2011. Disponível em: <<http://www.portal.fae.ufmg.br/seer/index.php/ensaio/article/view/309/715>>. Acesso em: 26 jan. 2017.

APÊNDICE A – Questionário de Conhecimentos Prévios

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Nome: _____

Curso: _____ Período: _____

Questionário de conhecimentos prévios

Neste documento, você compartilhará conosco os seus conhecimentos sobre radioatividade. Não há certo ou errado, há o que você sabe. Portanto, não se preocupe se a sua resposta está correta.

1 - O que você sabe sobre radioatividade?

2 - Você acha que é possível visualizar fenômenos radioativos? Como?

3 - Você conhece o aparato chamado Câmara de Nuvens, também conhecido como Câmara de Wilson ou Câmara de Condensação? Qual sua aplicação?

APÊNDICE B – Questionário de Atividades

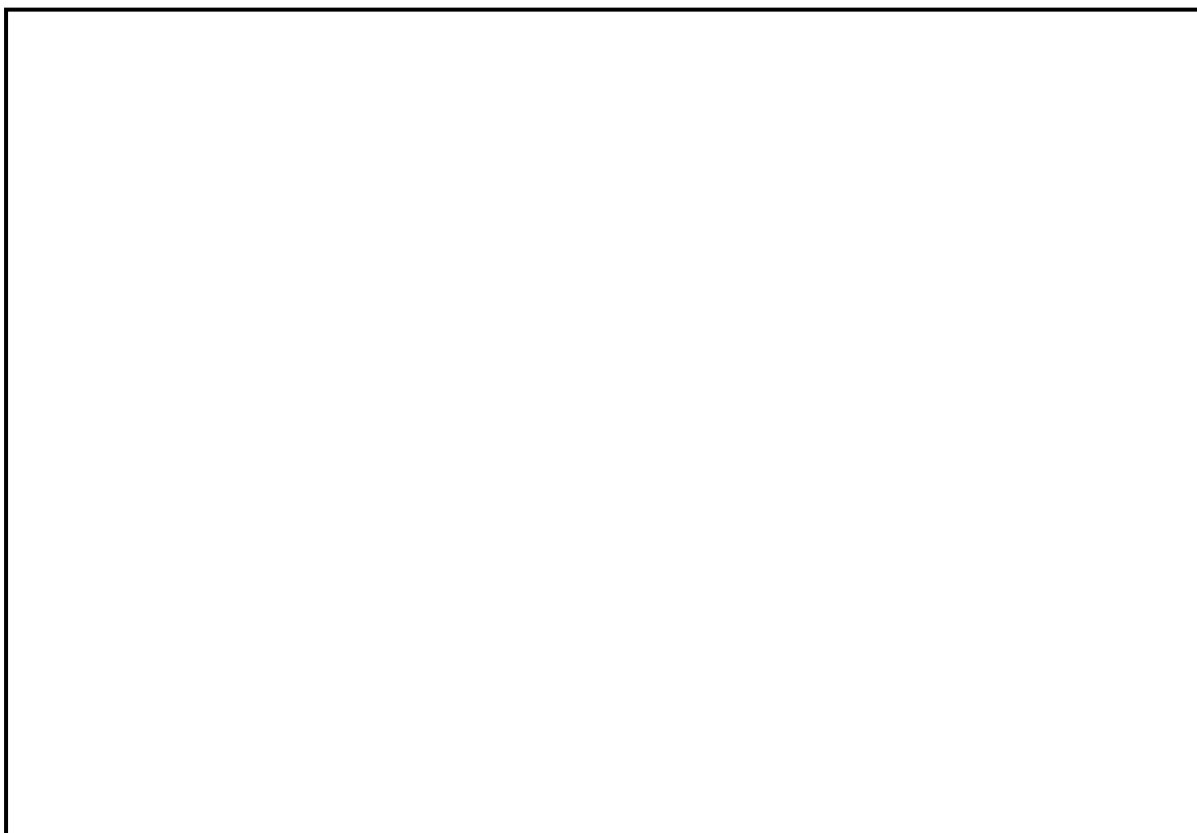
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Nome: _____

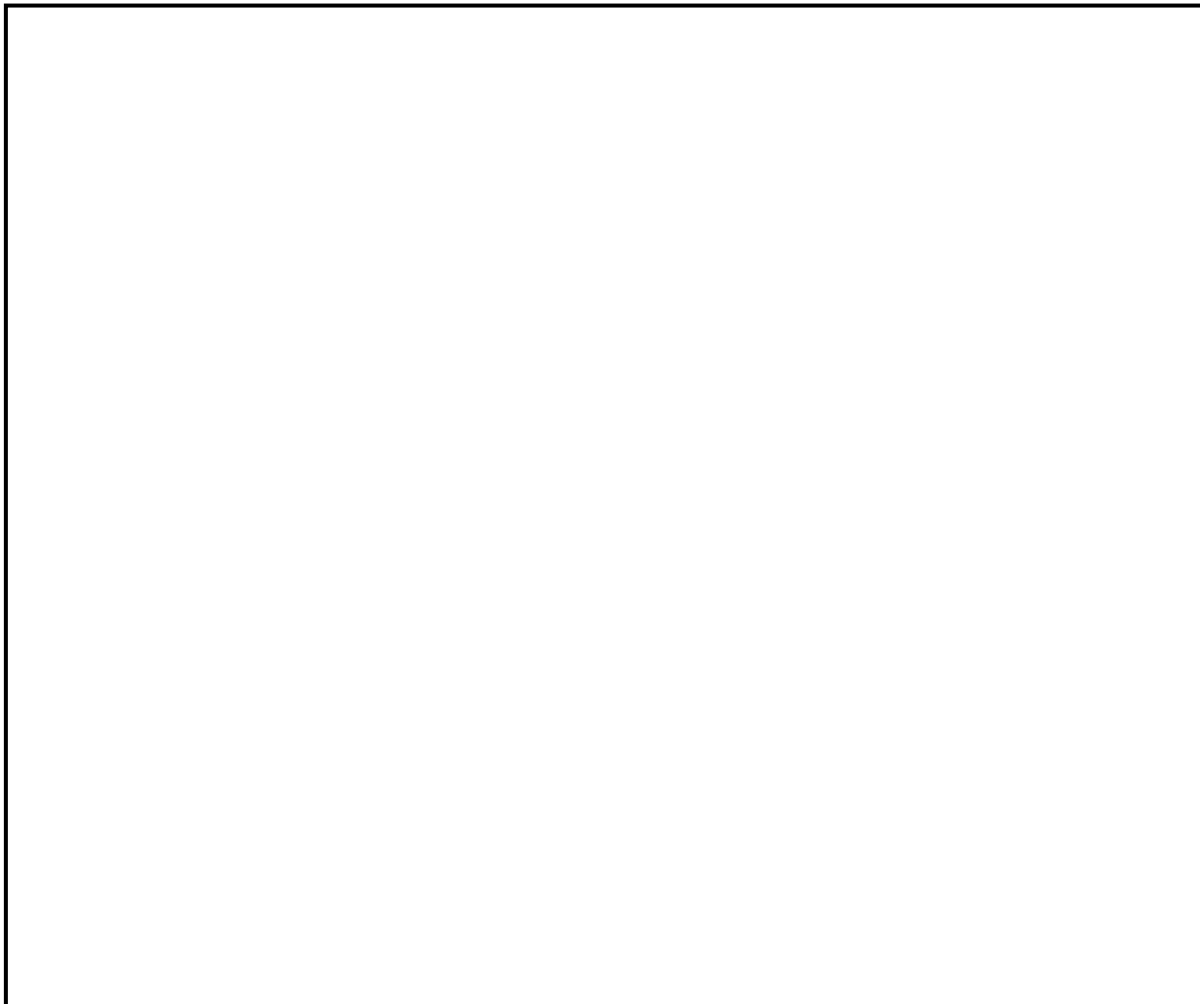
Curso: _____ Período: _____

Neste documento, você compartilhará conosco os seus conhecimentos sobre radioatividade. Não há certo ou errado, há o que você sabe. Portanto, não se preocupe se a sua resposta está correta.

1 - Desenhe abaixo, como você imagina que seria a radiação emitida pela fonte radioativa apresentada.

A large empty rectangular box with a black border, intended for the student to draw the radiation emitted by the radioactive source.

1 - Desenhe e descreva o que você vê dentro da câmara durante a demonstração.



2 - Apresente suas hipóteses que explicam a diferença entre os traços observados.
