

**Uma proposta de sequência didática para trabalhar a natureza da ciência:
a pesquisa brasileira sobre raios cósmicos⁺***

*Sarah Helem Tschá*¹

Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências,
Matemática e Tecnologias – Universidade do Estado de Santa Catarina

*Alex Bellucco do Carmo*¹

Universidade do Estado de Santa Catarina

Joinville – SC

Resumo

Este trabalho tem como objetivo apresentar uma proposta de sequência didática para trabalhar a Física de Partículas e a Natureza da Ciência. Para tal foi escolhida como estratégia pedagógica a História da Ciência e como episódio histórico as pesquisas brasileiras sobre Raios Cósmicos. A Natureza da Ciência aqui tratada provém da proposta de Martins (2015) para trabalhar com Temas e Questões, sendo elas adaptadas para tal episódio. Além disso, são discutidos aspectos de historiografia e demais indicações didático-pedagógicas relevantes para o trabalho. Junto desta proposta de ensino é indicado um material didático auxiliar, o qual consta com um texto sobre tal episódio histórico.

Palavras-chave: *Ensino de Física; Física de Partículas; Natureza da Ciência; História da Ciência.*

Abstract

This work aims to present a didactic sequence proposal to work on Particle Physics and the Nature of Science. To this, the History of

⁺ A teaching sequence proposal to work science nature: brazilian research on cosmic rays

^{*} *Recebido: 30 de março de 2021.*

Aceito: 14 de fevereiro de 2022.

¹ E-mails: sarah.helem.tsc@gmail.com; alexbellucco@gmail.com

Science was chosen as a pedagogical strategy and as a historical episode, Brazilian research on Cosmic Rays. The Nature of Science here works comes from Martins' proposal (2015) to work with Themes and Issues, which are adapted for such an episode. In addition, aspects of historiography and other didactic-pedagogical indications relevant to the work are discussed. Along with this teaching proposal, an auxiliary didactic material is indicated, which consists of a text about this historical episode.

Keywords: *Physics Teaching; Particle Physics; Nature of Science; History of Science.*

I. Introdução

Quando se trata de ensinar Ciências e Física, não é indicado somente lecionar os conteúdos relativos à Física, mas também *sobre* Física. É interessante ainda tomar consciência que cada professor possui uma perspectiva do que é ciência, contudo, é preciso estar atento para não cair nas concepções empírico-indutivistas e, conseqüentemente, trazê-las para a sala de aula como verdades (MARTINS, 2015).

Ensinar sobre Física nesse sentido é discutir aspectos da Natureza da Ciência (NdC), apresentá-la como conhecimento construído por humanos e isto inclui questões sociais, metodológicas, econômicas, políticas e ambientais, bem como a própria epistemologia. A partir disso, uma das estratégias pedagógicas que tem se mostrado útil para trabalhar a NdC é a História da Ciência (HC) (FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011; FORATO; BAGDONAS; TESTONI, 2017; MELLO; MARTINS; PIETROCOLA, 2009; BAGDONAS, 2011; MARTINS, 2015).

Nesse contexto, apresentamos uma proposta didática aliada à História da Ciência para trabalhar conteúdos referentes à Física Moderna e Contemporânea (FMC). Essa temática possui grande importância, pois os conceitos advindos da FMC são encontrados em diversos lugares de divulgação científica, e não científica também, podendo causar equívocos e obstáculos. Além disto, tais conceitos são muito presentes e importantes nos atuais equipamentos tecnológicos (BROCKINGTON; SIQUEIRA; PIETROCOLA, 2017).

Focamos no estudo da Física de Partículas, considerada por Ostermann e Moreira (2001) como um dos tópicos mais importantes da FMC. Ainda, sobre o tema, há um episódio histórico rico a ser trabalhado no Brasil acerca da detecção de raios cósmicos, de forma a contextualizar o ensino e mostrar que não é só em países ricos que se estuda física de ponta (ROUXINOL; PIETROCOLA, 2005; VITAL; GUERRA, 2014).

Portanto, o objetivo deste trabalho é apresentar e discutir aspectos da NdC referente à um episódio histórico sobre o estudo de raios cósmicos no Brasil. Tais aspectos são guiados

pela proposta envolvendo temas e questões de Martins (2015), as quais são elaboradas para formar uma sequência didática delimitada em cinco atividades.

II. A Historiografia e Natureza da Ciência no Ensino de Física

Não é de hoje que se discute a Natureza da Ciência no Ensino de Ciências, já na década de 1970, Gerald Holton organizou o projeto Harvad de desenvolvimento curricular estado-unidense, o qual acabou mais tarde sendo traduzido e implementado no Brasil. Este autor preconizava a democracia e o desenvolvimento social, e por meio do projeto influenciou o Ensino de Física a pensar esta área relacionada com outras áreas do saber, contextualizando-a e inserindo questões históricas mediante abordagem mais humanística (ARTHURY, 2020).

O termo “Natureza da Ciência” pode ser designado como um conjunto de práticas e saberes relativos à construção do conhecimento científico, e como a ciência é desenvolvida por seres humanos, esta prática inclui crenças e valores (BAGDONAS, 2011). Haja vista a inclusão da subjetividade e da intersubjetividade no desenvolvimento científico e sua inconstância temporal, muito se tem discutido sobre as várias ciências e suas naturezas, à procura de um consenso e da possibilidade de sua inclusão no contexto escolar.

Diante debates sobre essa pluralidade de ciências, também houve convergências na busca de uma estruturação didática, foi convencionado chamar de “Visão Consensual” (VC) um conjunto de aspectos, de caráter geral, que indicam o que se espera no currículo ao tratar de aspectos de NdC (MARTINS, 2015). Esses consensos levam em conta aspectos como: a inexistência de um único método científico, universal e infalível; a ciência entendida como tentativa de explicação dos fenômenos; a influência de sistemas e paradigmas teóricos na construção do conhecimento científico; a dimensão humana da ciência; a sujeição do desenvolvimento científico aos contextos sociais, políticos, culturais e históricos; o caráter evolutivo e revolucionário da história da ciência, entre outros (VITAL; GUERRA, 2014).

Entretanto, tal visão tem sido muito criticada visto que não é possível um consenso filosófico devido à complexidade da ciência como construção social, mas contempla uma visão consensual no sentido de sabedoria compartilhada (MARTINS, 2015). Outra crítica direcionada à VC é relacionada ao fato dela separar a natureza da ciência da investigação, afastando os processos e métodos da ciência – nesse sentido, Driver *et al.* (1996) defende a ampliação da natureza da ciência ao incluir estes aspectos.

De acordo Allchin (2011), a VC é insuficiente para a alfabetização científica e, portanto, seria necessária uma abordagem com estudos de caso contextualmente ricos, para que os alunos consigam reconhecer os limites e possibilidades do pensamento científico. O autor também incentiva uma reconfiguração da Natureza da Ciência para o que ele chama de “Ciência Completa” (“Whole Science”), a qual abrange todas as dimensões relativas à confiabilidade científica.

Matthews (2012) segue este mesmo pensamento e defende que a ciência deve ser apresentada como uma complexa construção humana, por meio de uma abordagem mais contextual e heterogênea. Este autor, como crítico da visão ultrapassada da História da Ciência no ensino, defende que o uso deste recurso deve ser histórica e filosoficamente mais refinado, propondo também uma nova terminologia, de NdC para “Características da Ciência”.

Para Clough (2007), os princípios declarativos da VC podem ser facilmente distorcidos e apresentados de forma transmissiva, ao invés de investigativa, contribuindo para uma percepção dicotômica da ciência (ou completamente verdadeira ou não confiável). Sendo assim, o autor sugere o uso de questões ao invés de princípios, a fim de contemplar a investigação e buscar um “meio termo” de acordo com a complexidade da NdC.

Ciente de tais críticas, Martins (2015) propõe uma abordagem com a NdC por meio de Temas e Questões, com objetivo de trabalhar tal tópico de maneira investigativa, não no sentido de Ensino por Investigação, mas sim de propor debates e diálogo. Vital e Guerra (2014) também defendem uma visão mais reflexiva, ou seja, não se trata de “aprender” os itens da lista de aspectos da NdC, mas trabalhar de forma crítica e oferecer espaço para questionamentos.

A partir destas concepções e fundamentado em Driver et al. (1996), Martins (2015) separou os temas em eixos:

O eixo histórico e sociológico e o eixo epistemológico. O primeiro eixo agruparia temas relativos ao papel do indivíduo e da comunidade científica; a intersubjetividade; questões morais, éticas e políticas; influências históricas e sociais; ciência como parte da cultura; comunicação do conhecimento. O segundo eixo, mais amplo, agruparia temas relativos à origem do conhecimento [...], aos métodos, práticas, procedimentos e processos da ciência [...], e ao conteúdo/natureza do conhecimento produzido [...] (p.718).

Apesar da divisão de eixos, ambos estão inter-relacionados, um exemplo é lembrar que os aspectos epistêmicos, relativos a um eixo, provêm de um trabalho coletivo, o qual pode ser refletido no outro eixo (histórico e sociológico). Mas visando uma abordagem escolar, os temas são separados e detalhados, possibilitando maior aprofundamento em alguns deles do que em outros. Cada tema é acompanhado de questões e perguntas gerais, as quais podem ser adaptadas de acordo com as necessidades do episódio histórico; elas também podem se relacionar com outras áreas do conhecimento, mas seu objetivo principal é abranger o pluralismo de concepções sem determinar aspectos de forma generalizada.

Além disto, de acordo Forato, Pietrocola e Martins (2011), existe três abordagens possíveis para a NdC: empírica, normativa ou analítica. A primeira se refere a como a ciência se apresenta ao longo do tempo, por meio de fatos e interpretações do contexto. A abordagem normativa pertence ao domínio puramente filosófico, avaliando procedimentos e resultados científicos. Já a analítica, ainda filosófica, procura delimitar o que é e o que não é ciência.

A abordagem do tipo empírica, que é o cerne deste trabalho, está de acordo com o eixo social e histórico proposto por Martins (2015), pois sobre ela é afirmado que:

Tal análise histórica trata de certas características da NDC enquanto fato histórico e social, e não sob o ponto de vista filosófico. Nesse enfoque, os documentos produzidos pelos cientistas do passado são analisados à luz de sua própria época, mediante aspectos culturais do período, considerando outras teorias alternativas propostas pelos contemporâneos, fatores políticos e sociais que podem ter interferido no desenvolvimento do conhecimento (FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011. p. 34).

Observa-se o caráter humano do conhecimento científico como foco, avaliando-o em seu contexto histórico e social por meio de dados da história. Ao trazer fatos e documentos dos cientistas é importante fazer análise não só de fontes secundárias, mas também primárias, onde os próprios cientistas apresentam suas ideias dentro do contexto. E é aí que ao elaborar um material didático próprio para trabalhar a NdC precisa se levar em conta aspectos de historiografia. Ao passo que se evita abordar pseudociência, também é importante estar atento à pseudo-história (FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011).

Primeiramente, quando se trata de textos da História é preciso saber que qualquer narrativa traz crenças do seu autor – ela não é neutra – portanto, os pressupostos pessoais e intenções de ensino estão subjetivos (às vezes objetivos) na escrita. Além disso, cada episódio histórico pode evidenciar um determinado conjunto de aspectos da NdC (FORATO; BAGDONAS; TESTONI, 2017).

Quando se discorre sobre determinada época é preciso ter ciência que o contexto da época é diferente do atual, devem-se ter os devidos cuidados para não comparar passado com o presente de forma preconceituosa. Além disso, é necessária atenção ao exaltar somente uma pessoa ou instituição, evitando trazer heróis sem erros ou personagens científicos supervalorizados, ou seja, situações responsáveis por afastar a humanidade dos cientistas (FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011).

Outro problema na historiografia é a reconstrução linear da história, chegando a um desfecho determinado. Mesmo que a linearização seja concebida como necessária para evitar conflitos com o paradigma vigente, ela acaba apresentando um final que, se seguida à linearidade dos fatos, seria fatalmente alcançado, o que não ocorre durante a construção do conhecimento (FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011).

Os cuidados apresentados acima são importantes para construção de materiais didáticos que utilizam a História da Ciência – no nosso caso, um texto referente a um episódio histórico para tratar aspectos relativos à Natureza da Ciência. Nele são apresentados fatos e falas de cientistas da época com seus devidos fins, contudo, trata-se de pesquisas sobre Física com seus termos específicos, cabe então, incluir na sequência didática, que apresentamos a seguir, discussões e atividades que contemplem tais conceitos, o que Martins (2015) chama de ir-e-vir entre conteúdos científicos e metacientíficos.

III. Uma proposta de sequência didática sobre a pesquisa brasileira sobre raios cósmicos

Ao trabalhar História da Ciência muitas vezes se pensa em produtos da atividade científica como prova de valor de pesquisas e cientistas, tais como número de publicações, descobertas e prêmios Nobel – informações geralmente atreladas a pesquisas em países desenvolvidos. Contrapondo tal visão, o trabalho leva em conta a regionalidade da prática científica na HC, de acordo Rouxinol e Pietrocola (2005), este aspecto estimula maior empatia dos alunos com a ciência, auxilia no reconhecimento de questões culturais e torna a imagem da ciência menos estereotipada.

No Brasil há um relevante episódio histórico, aqui delimitado entre os anos de 1936 e 1948, associado às pesquisas sobre Raios Cósmicos, e que possui grande riqueza cultural (associada também à sua regionalidade), política e econômica. A escolha desse evento vai ao encontro da sugestão de Londero e Mosinahti (2015) para superar lacunas existentes no Ensino de Física de Partículas, onde é mencionada a necessidade de inclusão de tópicos associados à cultura, à política e à economia nesta área.

Estes mesmos autores já afirmam que o ensino de Física de Partículas é viável desde que sejam tratados tópicos introdutórios, adequados à faixa etária. Sendo assim, não se tem como objetivo dar grande profundidade aos tópicos, mas sua inclusão é importante, pois afetam o entendimento da leitura do material didático pelo qual será abordado o episódio histórico. Assim como o cuidado para não abordar temas de NdC demais e acabar deixando os debates superficiais (OLIVEIRA, 2019).

Portanto, sugere-se que tal proposta didática seja trabalhada com alunos de segundo ou terceiro ano do Ensino Médio (idades entre 15 e 18 anos geralmente), levando em conta que tal proposta versa, mesmo que de forma não aprofundada, sobre a relação entre energia e frequência, energia elétrica e magnetismo, estrutura da matéria, partículas elementares e um pouco sobre princípios de fissão. Sendo assim, é aconselhável que os alunos já tenham noções ou iniciem a discussão sobre estrutura da matéria, composta por partículas elementares e suas propriedades eletromagnéticas, visto que são conceitos muitas vezes destinados aos anos finais da educação básica.

Vale salientar que tais assuntos estão atrelados a momentos e questões importantes historicamente, e o professor tem liberdade para determinar a profundidade de tais temas e conceitos, levando em conta as necessidades de cada turma no decorrer das atividades. Apesar das sugestões, o docente pode optar por adaptar a sequência ou trabalhar os conceitos supracitados no momento em considerar mais adequado à sua turma pois, a discussão sobre Natureza da Ciência pode ser incluída em qualquer momento no Ensino Médio.

Dessa forma, considera-se mais adequado à sequência uma proposição delimitada em atividades e não em número de aulas, pois além da profundidade dos conceitos Físicos, há também há profundidade dos aspectos relativos à Natureza da Ciência. Assim, uma vez que seja proposto o debate em torno de questões pode estimular maior ou menor participação, em

função de questões mais “polêmicas” do que outras. Uma possível estipulação do tempo necessário para esta proposta é de duas horas/aula por atividade, pois há necessidade de tempo para leitura, reflexão, debate e intervenção do professor para inserir ou relembrar conceitos.

Pensando em elaborar um material didático para uso em uma sequência didática, o qual se adequou aos temas e questões de Martins (2015), focalizamos numa perspectiva mais aberta, plural e heterogênea, tendo os temas como ponto de partida para se pensar na NdC, são eles: o papel dos indivíduos/sujeitos e da comunidade científica; intersubjetividade; influências históricas e sociais; questões morais, éticas e políticas; objetivos da ciência/objetivos do cientista; comunicação do conhecimento científico dentro da comunidade científica e em domínio público; ciência e tecnologia e; empírico versus teórico.

Não trabalhamos com conhecimento declarativo ou afirmações curtas, mas sim com um caráter investigativo, por meio de diálogo, o qual parte de questões. Vale salientar que, para garantir uma reflexão, não pretendemos que as questões indiquem uma única interpretação do texto, mas que possa guiar o diálogo (VITAL; GUERRA, 2014).

Portanto, propomos a leitura coletiva do texto (Anexo I) em trechos, reunidos em grupos ou com a sala toda (dependendo do contexto escolar), para que em seguida sejam discutidas as questões referentes aos temas. É importante que cada aluno possua acesso individual ao texto, pois assim podem ser feitas releituras e anotações, respeitando o tempo e as reflexões singulares. Ao mesmo tempo em que é discutida a NdC, são lançadas questões sobre os conceitos físicos presentes no texto. Sobre estas questões sugerimos que o professor faça explicações após a leitura do trecho do texto, por meio de projeções e/ou uso de quadro, com objetivo de encaminhar as respostas das perguntas.

Propomos também aos professores de Física, ciências a leitura antecipada e a reflexão crítica do material apresentado. De acordo Arthury (2020), os professores têm influência sobre a visão de ciência que os alunos acabam desenvolvendo, portanto, exercitar o pensamento filosófico, epistemológico e social é uma atividade que auxilia na construção de uma prática pedagógica mais consciente sobre a Natureza da Ciência.

As questões que tratam a NdC em toda a sequência podem ser observadas na Tabela 1, na qual são indicados os temas de acordo Martins (2015) com uma questão associada. Também sinalizamos em qual atividade se encaixa cada pergunta, sendo algumas repetidas, retomando reflexões de forma a aprofundá-las. Não são trabalhados todos os temas propostos por Martins (2015), a sua maioria se enquadra no eixo sociológico e histórico e a última no eixo epistemológico. O tema ciência e tecnologia pode se enquadrar em ambos os eixos, ou seja, pode-se discutir a diferença entre os conhecimentos e suas inter-relações devido às demandas sociais, ou aspectos epistemológicos no sentido de até que ponto o conhecimento tecnológico é incorporado no conteúdo científico e vice-versa. A seguir detalhamos as atividades a serem trabalhadas.

Tabela 1 – Temas e questões propostas para a Sequência Didática, adaptado de Martins (2015).

Tema	Questões	Atividade
Papel dos indivíduos/sujeitos e da comunidade científica	Como era a relação entre os pesquisadores e como essas ligações influenciaram o desenvolvimento científico?	2
Intersubjetividade	Os interesses pessoais dos cientistas afetam as pesquisas?	1 e 5
Influências históricas e sociais	A época e o local influenciaram as pesquisas e os cientistas? Como?	2 e 4
Questões morais, éticas e políticas	A ciência é ética sempre? Por quê?	4
Objetivos da ciência/Objetivos do cientista	O objetivo da ciência é igual ao do cientista? Quem controla o que é pesquisado?	4
Comunicação do conhecimento científico dentro da comunidade científica e em domínio público	Como era a comunicação entre cientistas e de cientistas para a sociedade?	3 e 5
Ciência e tecnologia (ambos os eixos)	O desenvolvimento científico gera tecnologia ou é a tecnologia que gera pesquisas?	4
Empírico versus teórico	Quais são as diferenças entre um trabalho teórico como o de Yukawa que previu o méson π , mas não detectou, e o trabalho experimental de Lattes ao detectá-lo? Um é mais importante que outro?	5

Fonte: Autores (2020).

III.1 Atividade 1

A primeira parte a ser lida e discutida consiste nos três primeiros parágrafos do texto. Eles indicam o contexto deste estudo, neste caso, a Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras em São Paulo. Logo a seguir é apresentado um pesquisador influente nesta área, Gleb Wataghin, o qual tinha interesse em Raios Cósmicos e inspirou seus alunos para pesquisas neste campo. Sobre este tema é questionado se os interesses pessoais dos cientistas afetam as pesquisas, para promover debate em torno dos temas e estimular dialogicidade, podem ser lançadas perguntas auxiliares como: “Características de um cientista podem afetar sua prática?”, “Cientistas pesquisam como querem ou precisam seguir um padrão?”, “Até onde a visão pessoal de um cientista infere em suas pesquisas?”.

A partir disso, pode-se abrir um leque de perguntas para incentivar a participação dos alunos e, nesse caso, abre-se a possibilidade para discussão sobre o conceito de método científico, abrangendo aspectos do eixo epistemológico e propondo reflexões se tal método sempre segue aspectos lógicos e racionais e se existe de fato apenas um método (BAGDONAS 2011). Mas cabe ao professor mediar os debates, sobre tal, Oliveira (2019) afirma que a dialogicidade e a problematização proporcionam maior participação, contribuindo para reflexões sobre a NdC.

No texto também são comentadas algumas conclusões das pesquisas dos alunos de Gleb Wataghin, como a relação entre profundidade, frequência e energia dos raios. Então, sobre os conceitos Físicos, há necessidade de introdução com, por exemplo, uso de imagens sobre o que são raios cósmicos e suas propriedades. Com tais informações pode ser discutido o caráter penetrante das partículas e como elas interagem com a atmosfera, formando a chamada “chuva de raios”, assim como as energias a elas associadas (SARAN, 2012).

III.2 Atividade 2

A seguir, entre o quarto e sétimo parágrafo, são introduzidos mais pesquisadores que contribuíram para as pesquisas nesta área, como Occhialini e Arthur Compton. O contexto mundial de tensão pré-guerra surge e abre espaço para reflexões sobre as influências históricas e sociais nas pesquisas. Além disso, tal tensão teve relevância na interação dos indivíduos que já possuíam relações com demais pesquisadores e as estreitaram em forma de intercâmbio e expedições, possuindo então financiamento e estímulo.

Neste momento da sequência podem ser discutidos como ocorrem os financiamentos científicos, neste caso, promovido pela política norte americana e patrocinado por indivíduos de grande poder aquisitivo. Em tal ponto já é possível aprofundar reflexões sobre a ciência, os interesses políticos e a relação entre países em prol das pesquisas com perguntas como “As pesquisas e as ‘descobertas’ são individuais ou coletivas?”, “Quem ou que poderes influenciam as pesquisas?”, “Sem auxílio financeiro como poderiam ser feitas as pesquisas?”, “Os pesquisadores seguem seus trabalhos somente com interesses profissionais ou envolvem aspectos sociais e afetivos também?”.

Neste tópico também são discutidas as pesquisas que relacionam Raios Cósmicos e o campo magnético da Terra (SARAN, 2012). É relevante discutir que na época havia a preocupação em detectar partículas eletricamente carregadas e, portanto, tais partículas sofrem desvios devido à interação magnética, focando em debates conceituais quanto à essas entidades e suas proporcionalidades.

III.3 Atividade 3

A seguir, a partir do oitavo parágrafo, é apresentado o Simpósio sobre Raios Cósmicos, o qual reuniu pesquisadores do mundo e de diversas áreas, envolvendo várias entidades e atores sociais. Pode ser trabalhado nesta época o caráter social e coletivo das pesquisas, pois se envolvem em tais pesquisas meteorologistas, a imprensa e autoridades locais.

Mais à frente no texto é apresentado o discurso do famoso Arthur Compton durante o evento, o qual indica a visão de mundo e de ciência que ele possui, abordando o contexto mundial e a relevância das pesquisas a serem realizadas. Tal citação traz por si só uma

reflexão sobre ciência, a qual pode ser questionada aos alunos, como por exemplo, se eles compartilham da mesma ânsia do cientista em saber do que somos feitos.

Dentro deste trecho são encontrados termos como partículas fundamentais, méson, elétron, neutrino e fótons. De acordo Londero e Mosinahti (2015), os estudantes já possuem noções de estrutura atômica, mas faltam conhecimentos prévios sobre física de partículas. É neste momento que o professor entra com aulas mais expositivas sobre quais são as partículas elementares, como elas contribuem para entendimento da estrutura da matéria e do que somos feitos. Além disso, é necessária uma breve introdução sobre partículas de interação e a dinâmica de forças por partículas mediadoras.

III.4 Atividade 4

Nesta parte do texto, nos três parágrafos seguintes, é perceptível a relevância do contexto e influências sociais e políticas durante o período da Segunda Guerra Mundial, pois o Brasil precisou se posicionar devido às tensões políticas. Portanto, optou-se por dar ênfase aos aspectos relativos à NdC e pouco discutir sobre conceitos físicos. Novamente, a época e o local são motivos de debate, pois houve drásticas mudanças no encaminhamento das pesquisas, os raios cósmicos já não eram prioridade no Brasil e, portanto, foram cessados os estudos nessa área para direcionar esforços à Guerra.

Em contrapartida, houve financiamento nacional em prol das defesas militares, o qual dá abertura para reflexões sobre a relação entre ciência e tecnologia, indicando que o contexto gera demandas para a ciência, a qual não é autônoma (VITAL; GUERRA, 2014). Pode ser comentado que anteriormente, a fim de conseguir detectar as partículas, foram elaboradas tecnologias próprias para tal, as quais podem ser encontradas no livro do Simpósio sobre Raios Cósmicos que ocorreu no Brasil.

Além disso, na época foi lançada a Bomba de Hiroshima, com influências dos estudos atômicos de fissão nuclear, sendo assim, pode-se se aprofundar em questões morais, políticas e sociais, com questionamentos como: “O desenvolvimento científico tende para a resolução de todos os problemas?”, “A ciência sempre ajuda a humanidade?”. Inclusive, a física Sonja Ashauer fez um comentário em sua carta à Gleb Wataghin, se questionando sobre o papel dos cientistas visto tal desastre.

Outro tópico é a menção da primeira mulher no texto, Sonja, que pode ser destacada aos alunos. O professor pode fazer questionamentos como: “Quantas mulheres cientistas vocês conhecem?”, “A ciência é masculina?” (Martins, 2015). Pode ser retomada a imagem do Simpósio (Figura 2 do texto em Anexo), no trecho do texto referente à atividade três, onde mostra os participantes e, dentre trinta, apenas duas mulheres estiveram presentes.

III.5 Atividade 5

A partir do décimo quinto parágrafo é dada continuidade aos efeitos da Guerra nas pesquisas, só que agora fora do país, focando nos pesquisadores e seus importantes trabalhos de acordo com o que era possível. Também comenta-se o trabalho de César Lattes na detecção do méson pi, apresentando sua emoção frente aos dados encontrados e, por fim, a tradução da notícia de tal descoberta que foi publicada em uma revista renomada mundialmente.

Novamente é questionado sobre o interesse dos cientistas, pois antes podia ser observado o interesse dos cientistas em “sobre o que pesquisar” e neste trecho trata-se também de “como pesquisar e porque”. Procura-se destacar que “o conhecimento científico não é construído por gênios, mas por pessoas que utilizam criatividade e sofrem influências da cultura a que pertencem” (VITAL; GUERRA, 2014, p. 230).

Nessa parte também são introduzidas novas palavras que merecem devida atenção, como a partícula méson pi. Esta partícula foi teorizada e depois detectada, destacando trabalhos teóricos e experimentais, os quais podem ser discutidos com questões como: “O que vem primeiro ou é mais importante, teoria ou experiência?” (MARTINS, 2015).

Além disto, é lançada outra questão: “Na época o Dr. Lawrence tinha grandes expectativas quanto ao futuro. Em relação a elas, o que podemos dizer sobre os nossos dias atuais? Encontramos todas as respostas que procurávamos?”. O objetivo desta última questão, uma adaptação do tópico “poder e limitações do conhecimento científico” dentro do eixo epistemológico (MARTINS, 2015, p.723), é observar que a ciência leva tempo para ser construída, considerando que, sobre este tema ainda existem muitas perguntas em aberto, como por exemplo, a partícula mediadora das interações gravitacionais e o limite energético que nossos aceleradores possuem em comparação com a energia de certos raios cósmicos. O docente pode destacar que os estudos são do passado, mas continuam no presente, e talvez leve muito mais tempo no futuro ou não seja nem possível descobrir o que se procura.

IV. Conclusão

Percebe-se a riqueza de tópicos possíveis a serem trabalhados sobre pesquisas brasileiras, as quais contribuem para a contextualização e a percepção de aspectos culturais no desenvolvimento científico (ROUXINOL; PIETROCOLA, 2005). É rico em detalhes também devido à época de tensões políticas frente a uma Guerra Mundial.

Apesar desta riqueza não é possível trabalhar todos os tópicos de NdC do referencial, houve a necessidade de recortes nos temas e questões, assim como nos conceitos físicos. A profundidade de ambos também foi restringida, visando viabilidade do trabalho em sala de aula. E, sobre este tipo recorte, Oliveira (2019) já havia relatado sua necessidade logo após uma aplicação piloto de sua sequência didática, onde os cortes no número de temas foram em função do tempo didático.

A literatura comenta que é importante que haja iniciativa para trabalhar NdC, por meio de textos históricos adequados, confiáveis e de possível inserção, visto a grande dificuldade de elaboração (OLIVEIRA, 2019; MILNITSKY, 2018; FORATO; MARTINS; PIETROCOLA, 2009). Tem-se então um material didático e indicação didático-pedagógica ligada à proposta de Martins (2015), bem como demais referenciais teóricos associados à Natureza da Ciência. A sequência didática proposta com uso deste material consiste em um conjunto de cinco atividades, as quais não precisam ser seguidas à risca, mas auxiliam e norteiam trabalhos futuros, visando a aplicação e a análise dos limites e possibilidades da proposta.

Referências bibliográficas

ALLCHIN, D. Evaluating knowledge of the nature of (Whole) Science. **Science Education**, v. 95, n. 3, p. 518-542, mar. 2011.

ARTHURY, L. H. M. A natureza da ciência no ensino de física: entre recortes e sugestões. **Revista do professor de Física**, v. 4, n. 2, p. 1-17, ago. 2020.

BAGDONAS, A. **Discutindo a Natureza da Ciência a partir de Episódios da História da Cosmologia**. 2011. 258 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Faculdade de Educação, USP, São Paulo.

BROCKINGTON, G.; SIQUEIRA, M.; PIETROCOLA, M. **A realidade escondida**. A Inserção de Conceitos de Física Quântica e Física de Partículas no Ensino Médio. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2017. 128 p.

CLOUGH, M. P. Learners' responses to the demands of conceptual change: considerations foreffective nature of science instruction. **Science & Education**, v. 15, n. 5, p. 463-494, fev. 2006.

DRIVER, R. H. *et al.* **Young people's images of science**. Buckingham: Open University Press, 1996.

FORATO, T.; MARTINS, R.; PIETROCOLA, M. A natureza da ciência na escola básica: enfrentando obstáculos na construção de narrativas históricas. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, Número Extra, VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias. p. 3241-3245, jan. 2009.

FORATO, T.; PIETROCOLA, M.; MARTINS, R. Historiografia e natureza da ciência na sala de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 1, p. 27-59, abr. 2011.
de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 1, p. 27-59, abr. 2011.

FORATO, T.; BAGDONAS, A.; TESTONI, L. Episódios históricos e natureza das ciências na formação de professores. **Enseñanza de las ciencias**, n. Extra, p. 3511-3516, set. 2017.

LONDERO, L.; MOSINAHTI, G. L. As Pesquisas sobre o Ensino de Física de Partículas: um estudo baseado em Teses e Dissertações. *In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS*, 10, 2015, Águas de Lindóia. **Atas [...]** São Paulo: SBF, 2015. p. 1-8.

MARTINS, A. F. P. Natureza da ciência no ensino de ciências: uma proposta baseada em “temas” e “questões”. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 3, p. 703-737, dez. 2015.

MATTHEWS, M. R. Changing the focus: From nature of science (NOS) to features of science (FOS). **Advances in natures of science research**. Springer, Dordrecht, p. 3-26, set. 2012.

MILNITSKY, R. **Epistemologia e Currículo**: reflexões sobre a Ciência Contemporânea em busca de um outro olhar para a Física de Partículas Elementares. 2018. 247 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Faculdade de Educação, USP, São Paulo.

OLIVEIRA, R. A. **Natureza da Ciência por meio de narrativas históricas: os debates sobre a natureza da luz na primeira metade do século XIX**. 2019. 232 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, UFRN, Natal.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Atualização do currículo de Física na escola de nível médio: um estudo dessa problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da formação inicial de professores. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.18, n. 2, p. 135-151, ago. 2001.

ROUXINOL, E.; PIETROCOLA, M. Lattes e o méson pi: uma abordagem histórica no ensino de física de partículas para o ensino médio. *In: SEMINÁRIO NACIONAL DE HISTÓRIA DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA*, 10, 2005, Belo Horizonte. **Atas [...]** Rio de Janeiro: SBHC, 2005.

Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 39, n. 1, p. 151-173, abr. 2022.

SANTOS, A. G.; FERNANDES, S. S. Física de Partículas no Ensino Médio: propostas didáticas com abordagens diversas. *In: CONFERENCIA INTERAMERICANA SOBRE ENSEÑANZA DE LA FÍSICA*, XI, 2013, Guayaquil. **Atas** [...] Guayaquil, 2013.

SARAN, M. C. B. **Astrofísica de Partículas na sala de aula: uma sequência de ensino e aprendizagem sobre raios cósmicos para o ensino médio**. 2012. 129 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Exatas) - Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia. UFSCar, São Carlos.

SIQUEIRA, M. R. da P. **Do visível ao indivisível: uma proposta de Física de Partículas Elementares para o Ensino Médio**. 2006. 254 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Faculdade de Educação. USP, São Paulo.

VITAL, A.; GUERRA, A. A natureza da ciência no ensino de Física: estratégias didáticas elaboradas por professores egressos do mestrado profissional. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 2, p. 225-257, ago. 2014.

Anexo I – Pesquisas sobre raios Cósmicos no Brasil

O palco desta história começa com a formação dos primeiros filósofos, matemáticos e cientistas na faculdade de Filosofia, Ciências e Letras em São Paulo, em 1936. Na subseção de Física havia um professor italiano, Gleb Wataghin, indicado por Erico Fermi, como um dos líderes da Física Italiana.

Gleb Wataghin teve papel importante para o desenvolvimento das pesquisas na universidade, tinha muito interesse em raios cósmicos e criou condições para pesquisas destes enquanto trabalhou no Brasil. O professor, com seu entusiasmo, dinamismo e competência inspirou jovens interessados em pesquisar Física, alunos tais como Marcello Damy de Souza Santos, Paulus Aulus Pompéia, excelente em construir experimentos, e Mario Schenberg, que se destacava como matemático - todos advindos da Escola Politécnica. Sempre que podia, Wataghin incentivava seus alunos a publicarem em revistas internacionais, tal como a *Physical Review*, e a participarem de intercâmbio, estreitando relações com demais cientistas do mundo.

Wataghin, Damy e Pompéia trabalharam em experiências de raios cósmicos na atmosfera, em minas subterrâneas e, também, em um túnel da Avenida 9 de julho em São Paulo, que na época ainda estava em construção. Estes trabalhos foram publicados mais a frente e neles foi observada a diminuição na frequência e energia dos raios cósmicos conforme a profundidade em que eram detectados. Aparelhos elétricos para detecção também

foram elaborados e apresentados em forma de artigos que podem ser encontrados no Livro do Simpósio sobre Raios Cósmicos².

Questões:

O que são Raios Cósmicos?

O que quer dizer a inferência de Wataghin, Damy e Pompéia sobre a energia e frequência destes Raios?

Por que fazer experimentos em diferentes lugares como na atmosfera, nas minas e em túneis?

Os interesses pessoais dos cientistas afetam as pesquisas?

Mais tarde, por meio de ligações com Wataghin, outro italiano se juntou ao grupo de pesquisas em raios cósmicos no Brasil, o Giuseppe Occhialini. Além disso, outro professor e pesquisador que colaborou com as pesquisas foi Arthur H. Compton, o qual realizou um intercâmbio que ocorreu em forma de expedição da Universidade de Chicago para estudos sobre os raios cósmicos, chamada *Cosmic Ray Expedition*. Ele veio ao Brasil por sua amizade com Wataghin (com o qual trocava cartas), e pelos financiamentos da fundação *Rockefeller*.

Essa fundação surgiu devido à chamada Política de Boa Vizinhança dos Estados Unidos durante períodos de conflitos para a Segunda Guerra Mundial. As diretrizes desta política incentivaram a economia e a cultura, implantando fábricas e financiando a rádio, TV, cinema e outros. Também houve financiamentos para as pesquisas em Física, e um contribuinte foi o milionário estadunidense Nelson Rockefeller, por meio do *Office of the Coordinator of Inter-American Affairs* (OCIAA) na área da comunicação, e da Fundação *Rockefeller* na área das pesquisas científicas, onde oferecia bolsas a estudantes, inclusive do Brasil.

Em 1941, quando Arthur Compton veio a São Paulo, foram realizados experimentos em Marília e Bauru para detecção de Raios Cósmicos, com utilização de balões de hidrogênio. A imagem abaixo ilustra o momento em que analisavam os balões. Nela Arthur aparece de pé, ao centro. O primeiro à direita é Oscar Sala.

Nesta expedição foram lançados 11 grupos de aparelhos detectores de raios cósmicos para a estratosfera, por meio de balões de hidrogênio, em diversas cidades de São Paulo. Esses balões subiam cerca de 20 a 30 Km de altitude para detectar os raios em elevadas alturas e observar possíveis relações com o campo magnético da terra, uma vez que raios cósmicos mais altos se mostravam mais energéticos e mais propensos a sofrer desvios devido ao campo magnético. Foi escolhido fazer tais experimentos no Brasil devido a sua latitude,

² Este Simpósio ocorreu somente uma vez da forma que foi organizado no Brasil. Outros foram realizados ao redor do mundo e atualmente existem Simpósios Europeus anuais sobre Raios Cósmicos, promovidos por outras instituições.

pois é similar aos demais locais onde foram feitos experimentos de Arthur e, também, por que havia o grupo de pesquisa em São Paulo, com equipamentos e pesquisadores para auxiliar, além de propiciar debates e troca de conhecimentos.



Fig. 1 – Pesquisas com balões meteorológicos em Bauru, 1941.

Fonte: Acervo da IFUSP.

Questões:

Por que os raios mais energéticos eram afetados pelo campo magnético?

A época e o local influenciaram as pesquisas e os cientistas? Como?

Como era a relação entre os pesquisadores e como essas ligações influenciaram o desenvolvimento científico?

Em uma nota do diretor do departamento de física da Universidade de São Paulo (USP), nesse período, ele faz reconhecimento da importância de todos os pesquisadores envolvidos e suas contribuições para detecção de raios cósmicos durante esta missão. Nela também há agradecimento à Academia Brasileira de Ciências, a Reitoria da USP, a Diretoria do Serviço Nacional de Meteorologia, o Departamento Estadual de Imprensa e Propaganda, o Departamento Estadual de Comunicações e demais autoridades locais que se envolveram com as pesquisas.

Ele também agradeceu a Compton por apresentar os trabalhos realizados na expedição durante o Simpósio Internacional de Raios Cósmicos no Rio de Janeiro, em agosto

de 1941. Este evento foi organizado pela Academia Brasileira de Ciências e contou com diversos pesquisadores convidados de Nova Iorque, Chicago, Paris e inúmeros estudantes de Física do Brasil, incluindo um padre do Colégio Anchieta e um comandante do exército brasileiro. Este evento gerou um livro onde podem ser encontrados textos referentes à conferência e artigos sobre as comunicações orais.

Dentre os dados deste livro, vale salientar a conferência de Compton, na qual ele comentou sobre as oportunidades de estudo e todo um histórico das pesquisas realizadas até o momento. Reflexões sobre a importância de tais estudos também podem ser encontradas no trecho a seguir:

[...]São trabalhos desta natureza que estão abrindo novo campo ao estudo da estrutura da matéria.

O mundo pode ser examinado em diferentes níveis: A astronomia se ocupa com o estudo das estrelas e das galáxias; A geologia e a geografia estudam a estrutura do nosso planeta. A mecânica e a biologia nos informam sobre objetos e seres de dimensões apreciáveis. A química se ocupa do agrupamento de elétrons, prótons e mésostrons³ de modo a formar os átomos. Agora com os raios cósmicos aprendemos as relações entre as partículas fundamentais de que se compõe o mundo, vemos como prótons, mésostrons e elétrons podem se transformar uns nos outros e estudamos as suas relações com os outros corpúsculos elementares, tais como os nêutrons, os fótons e os neutrinos.

Esses estudos não nos ensinam como construir máquinas, ou como transmitir sinais às grandes distâncias, nem mesmo como curar enfermidades. Levará muitos anos ainda até que essas experiências tenham aplicações remuneradoras.

Mas, se quisermos compreender como é formado o mundo, é tão importante conhecer as forças e leis que governam essas partículas fundamentais, quanto o universo em qualquer outro nível.

Assim os estudos sobre raios cósmicos abririam um campo do conhecimento cuja importância é comparável a de toda a química.

O velho Thales, à quem se deve a origem da ciência grega, tentou descrever o mundo em termos de um único elemento. No estudo dos raios cósmicos reconhecemos agora as tentativas do moderno homem de ciência para essa mesma finalidade, procurando investigar de que e como é constituído o universo (COMPTON, 1943, p. 54).

³ “Tron” designa carga elétrica, neste caso, mésostron seria um suposto méson eletricamente carregado. Na época, era delimitado como algo semelhante ao Raio X, só que 10000 mais energético.



Fig. 2 – Reunião Final – Encerramento do “Symposium” Sobre Raios Cósmicos – Rio de Janeiro, 8 de agosto de 1941. Fonte: Documento do Acervo IFUSP.

1 – Gleb Wataghin; 2 – Donald Hughes; 3 – Norman Hilberry; 4 – Arthur Moses; 5 – Arthur H. Compton; 6 – William P. Lesse; 7 – Ernest O. Wollan; 8 – René Wurmser; 9 – Francisco Souza; 10 – F. M. de Oliveira Castro; 11 – F. Venancio Filho; 12 – J. Costa Ribeiro; 13 – Othon Nogueira; 14 – F. Magalhães Gomes; 15 – Arthur do Prado; 16 – Alvaro Alberto; 17 – Menezes de Oliveira; 18 – Junqueira Schmidt; 19 – Yolande Monteux; 20 – Paulo R. Arruda; 21 – Giuseppe Occhialini; 22 – M. Cruz; 23 – Carlos Chagas Jr.; 24 – Ignacio Azevedo Amaral; 25 – M. D. de Souza Santos; 26 – Bernard Gross; 27 – Abrahão de Moraes; 28 – Paulus Aulus Pompeia; 29 – Pe. F. X. Roser S. J.

Questões:

Como era a comunicação entre cientistas?

O que são pesquisas em estrutura da matéria e como elas se relacionam com os raios cósmicos?

O que são mésostrons e demais corpúsculos elementares?

Mas a partir desta época a situação da Guerra começou a tomar rumos mais drásticos. Com entrada dos Estados Unidos na guerra, contra o Japão e os outros países do Eixo (Alemanha e Itália), o Brasil se viu pressionado e declarou sua participação junto aos Aliados

(Inglaterra, EUA e França). Tal decisão resultou em um corte de relações diplomáticas com os países do Eixo e, devido a isso, a Faculdade de Filosofias, Ciências e Letras da USP cortou seus laços formais, por meio de exoneração, com os professores italianos que lá trabalhavam. Gleb Wataghin foi exceção, a importância de seus estudos o manteve nas pesquisas, mas não tinha mais vínculo com a Faculdade. Contudo, para os demais, foi necessário seguir outros rumos, por exemplo, Giuseppe Occhialini que ainda era declaradamente antifascista passou a trabalhar como guia de alpinismo no Rio de Janeiro.

Outra parte do Brasil na Guerra foi ao enviar tropas para missões na Itália. As pesquisas sobre raios cósmicos foram cessadas, dando lugar a pesquisas de relevância para a situação atual, ou seja, estudos de balística, radares para identificar submarinos, além das propriedades dos materiais ferromagnéticos. Marcello Damy, diretor do Departamento de Física e substituto de Wataghin, recebeu financiamento do novo Fundo Universitário de Pesquisas para a Defesa Nacional e participou em conjunto com outros cientistas para o desenvolvimento de um sonar para a Marinha.

Sonja Ashauer⁴, que participou das pesquisas na USP e trabalhava com Paul Dirac em Cambridge na época, relata discussões científicas das quais participou e menciona a repercussão de Wataghin no exterior. Por meio de uma carta enviada à Gleb, em agosto de 1945, Sonja escreve sobre a explosão da bomba atômica no Japão, indicando preocupação com a participação de cientistas no projeto.

Questões:

A época e o local onde foram feitas as pesquisas influenciaram as pesquisas e os cientistas? Como?

O objetivo da ciência é igual ao do cientista? Quem controla o que é pesquisado?

A ciência é ética sempre? Por quê?

O desenvolvimento científico gera tecnologia ou é a tecnologia que gera pesquisas?

Durante o período de guerra, Giuseppe Occhialini e César Lattes, assim como demais pesquisadores da época, foram para o exterior com o intuito de continuar a pesquisar sobre Física e contribuir com a força Aliada. Por ser italiano, Occhialini não teve permissão para participar de pesquisas na Inglaterra diretamente relacionadas à Guerra, mas foi acolhido em outro Laboratório em Bristol, em 1944, para trabalhar com a detecção de partículas por meio de raios cósmicos. Infelizmente havia uma carência de físicos ingleses devido a Guerra, por isso, pediu ajuda de Lattes.

Ao passo que Occhialini tinha muito conhecimento experimental, Lattes conhecia bastante de placas de emulsões nucleares, onde eram analisadas as informações sobre as

⁴ Aluna de Gleb Wataghin, Sonja foi a primeira brasileira a concluir o doutorado em física e a segunda mulher a se graduar em física no Brasil.

partículas, justamente o que Occhialini precisava na época. Ao trabalhar em Bristol, Lattes teve de renunciar a qualidade de pesquisa em prol da sua sensação de pertencimento, ele afirma que: “Na minha opinião, ciência em si não é tudo,” escreveu o jovem físico de Bristol a seu amigo, Leite Lopes⁵, para em seguida, anunciar que estava:

[...] perfeitamente disposto a ir trabalhar aí (Bristol) em condições muito menos favoráveis do que aqui (estou me referindo à parte científica e possibilidade material de pesquisa, não à parte profissional), porque acho que é muito mais interessante e difícil conseguir formar uma boa escola num ambiente precário do que ganhar o prêmio Nobel trabalhando no melhor laboratório de física do mundo. A satisfação humana que a gente sente ao verificar que está sendo útil para que outros também tenham a oportunidade de pesquisar é muito melhor do que a que se obtém de uma pesquisa feita sob ótimas condições de trabalho (LATTES, 12/08/1946 apud ALMEIDA, 1995, p. 30-31).

Lattes no mesmo ano foi trabalhar em Berkeley, nos Estados Unidos, junto de Eugene Gardner. Lá ele conseguiu, em 1948, a produção artificial de mésons, usando um acelerador de partículas, foi ele também quem observou a possível detecção de uma partícula que havia sido proposta teoricamente por Yukawa em 1935, o atualmente chamado méson pi. A figura abaixo mostra sua reação frente aos resultados que obteve.



Fig. 3 – Exposição Méson 40 anos e Ciência e Educação. Fonte: Acervo IFUSP.

⁵ Amigo de Lattes, Lopes foi um cientista famoso internacionalmente por suas contribuições na área de Física de Partículas. Auxiliou na fundação de instituições importantes de pesquisa e investimento em pesquisa científica.

Essa produção alterou o rumo da Física pelas décadas seguintes, saiu em uma notícia no New York Times onde foi descrito sobre Lattes, que na época tinha 23 anos e foi o primeiro a perceber o traço que indicava a partícula. Nesta matéria da revista é comentado sobre as aplicações práticas:

Nenhuma aplicação prática, assim como a fissão, está à vista como resultado direto da liberação de partículas de raios cósmicos no laboratório, e o Dr. Fisk recusou-se a fazer suposições quanto ao seu futuro no desenvolvimento da energia atômica, mas afirmou que o méson produzido em laboratório como de 'grande importância para dar suporte ao que contribui no entendimento das forças fundamentais.

“Os mésons são uma coisa boa” ele acrescentou com um sorriso. “Tenho certeza de que está aqui para ficar”.

O tipo de méson, também conhecido como méson, observado em Berkeley possui energia de 4 000 000 elétron-volts. Isto é extremamente baixo comparado com as energias de até bilhões de elétron-volts com os quais a Terra é bombardeada constantemente por mésons produzidos quando raios cósmicos primários do espaço interestelar colidem com os núcleos da atmosfera.

O Dr. Lawrence disse que isso significa que poderosíssimos colisores de átomos devem ser construídos para “explorar plenamente os domínios do conhecimento nuclear, os quais ainda se encontram nas profundidades do átomo” [...] (DAVIES, 1948, p. 25, tradução nossa).

Questões:

Os interesses pessoais dos cientistas afetam as pesquisas?

Quais são as diferenças entre um trabalho teórico como o de Yukawa que previu o méson pi, mas não detectou, e o trabalho experimental de Lattes ao detectá-lo? Um é mais importante que outro?

O que seria o méson pi?

O que faz um acelerador de partículas?

O que significa fissão? Tem relação com energia atômica?

Como era a comunicação de cientistas para a sociedade?

Na época, Dr. Lawrence tinha grandes expectativas quanto ao futuro. Em relação a elas, o que podemos dizer sobre os nossos dias atuais? Encontramos todas as respostas que procurávamos?

Referências

ALMEIDA, A. E. G. C. de. **A Faculdade Nacional de Filosofia e a criação de instituições científicas: o caso do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas.** 1992. 54 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Educação da UFRJ, Rio de Janeiro.

COMPTON, A. H. Conferência do prof. Athur Comptom. *In*: SYMPOSIUM" SOBRE RAIOS CÓSMICOS, 1, 1941, Rio de Janeiro. **Atas** [...] Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1943. p. 47-55. Disponível em: <<http://acervo.if.usp.br/index.php/symposium-sobre-raios-cosmicos>>. Acesso em: 5 nov. 2020.

ASHAUER, S. [**Correspondência**]. Destinatário: Cleber Wataghin. Cambridge, 9 ago. 1945. 1 cartão pessoal. Disponível em: <<http://acervo.if.usp.br/index.php/carta-de-sonja-ashauer-a-gleb-wataghin-2>>. Acesso em: 5 nov. 2020.

FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS (São Paulo) (ed.). A Física brasileira durante a Segunda Guerra Mundial (1939 - 1949). *In*: ACERVO HISTÓRICO DO IFUSP (São Paulo) (ed.). **Repositório Digital**. São Paulo, 2018. Disponível em: <<http://acervo.if.usp.br/guia2>>. Acesso em: 2 nov. 2020.

FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS (São Paulo) (ed.). Linha do tempo - Pesquisas sobre raios cósmicos no IFUSP. *In*: ACERVO HISTÓRICO DO IFUSP (São Paulo) (ed.). **Repositório Digital**. São Paulo, 2018. Disponível em: <<http://acervo.if.usp.br/timeline>>. Acesso em: 2 nov. 2020.

FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS (São Paulo) (ed.). A ideia de nação nos projetos dos físicos brasileiros em meados do século XX a partir da interação entre César Lattes e José Leite Lopes *In*: ACERVO HISTÓRICO DO IFUSP (São Paulo) (ed.). **Repositório Digital**. São Paulo, 2018. Disponível em: <<http://acervo.if.usp.br/guia8>>. Acesso em: 2 nov. 2020.

FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS (São Paulo). Nota do Diretor do Departamento de Física da FFCL-USP da USP. Sobre as reuniões, trabalhos e experiências realizadas em São Paulo por alguns dos componentes da “*Cosmic Ray Expedition*” da Universidade de Chicago *In*: ACERVO HISTÓRICO DO IFUSP (São Paulo) (ed.). **Repositório Digital**. São Paulo, 2018. Disponível em: <<http://acervo.if.usp.br/index.php/nota-do-diretor-do-departamento-de-fisica-da-ffcl-usp>>. Acesso em: 5 nov. 2020.

DAVIES, L. E. First Meson Ray put in production: Artificial Creation in Berkeley of Cosmic Beam Held Major Key to Atom's Mysteries. **New York Times**, Nova Iorque, p. 25, 9 mar. 1948. Disponível em: <<http://acervo.if.usp.br/index.php/artigo-sobre-a-criacao-artificial-do-meson>>. Acesso em: 2 nov. 2020.

HAMBURGUER, A. I.; FERNANDES, G. da C.; CHASSOT, W. C. F. **Instituto de Física da USP Inventário**, Departamento de Física da FFCL-USP (1934-1961). Instituto de Física/

Pró-Reitoria de Extensão e Cultura - USP/FAPESP, São Paulo, 1999. Disponível em: <<http://acervo.if.usp.br/uploads/inventario.pdf>>. Acesso em: 2 de nov. 2021.



Direito autoral e licença de uso: Este artigo está licenciado sob uma [Licença Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).