



# A RADIOATIVIDADE ATRAVÉS DAS CONFERÊNCIAS NOBEL DE MARIE E PIERRE CURIE

## RADIOACTIVITY THROUGH MARIE AND PIERRE CURIE'S NOBEL LECTURES

Marinês Domingues Cordeiro<sup>1</sup>  
Luiz O. Q. Peduzzi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Santa Catarina/Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, [marinesdc@hotmail.com](mailto:marinesdc@hotmail.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal de Santa Catarina/Departamento de Física/Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, [peduzzi@fsc.ufsc.br](mailto:peduzzi@fsc.ufsc.br)

### Resumo

Neste artigo, discute-se a possibilidade da utilização didática das Conferências Nobel em sala de aula. Essas conferências têm essência pedagógica, são redigidas pelo próprio cientista em linguagem acessível ao público geral e estão disponíveis na página do Prêmio Nobel. As implicações educacionais motivacionais, epistemológicas e conceituais deste uso são objeto desta pesquisa, vinculadas às conferências de Pierre e Marie Curie, que tratam da radioatividade. No sentido epistemológico, faz-se dialogar as conferências com as categorias de visões deformadas do trabalho científico mapeadas por Gil-Pérez *et al* (2001); no sentido conceitual, trata-se da conservação da energia e das teorias atômicas associando as conferências a trabalhos de Kragh (1994, 2001) e Martins (2003).

**Palavras-chave:** História e Filosofia da Ciência, Prêmio Nobel, radioatividade

### Abstract

In the present article, the possibility of the educational use of the Nobel Lectures is discussed. These lectures are essentially pedagogical, written by the scientists themselves in fairly comprehensible language and are available at the Nobel Prize homepage. The educational effects of motivational, epistemological and conceptual natures of this utilization are object for this research, connected to Pierre and Marie Curie's lectures on radioactivity. The lectures are associated to the categories of teacher's perspectives about the nature of science and the scientific knowledge mapped by Gil-Pérez *et al* (2001), and the researches about the development of radioactivity and atomic models by Kragh (1994, 2001) and Martins (2003).

**Keywords:** History and Philosophy of Science, Nobel Prize, radioactivity

## INTRODUÇÃO

Em seu testamento, Alfred Nobel definiu que o que restava de seu dinheiro – após parte dele ser destinada a familiares e outros – deveria “*constituir um fundo cujos rendimentos devem ser distribuídos anualmente na forma de prêmios àqueles que, no ano anterior, conferiram o maior benefício à humanidade*”<sup>1</sup> nas áreas de Física, Química, Medicina ou Fisiologia, Literatura e Paz (o Prêmio Nobel em Economia foi instituído apenas em 1969, numa

---

<sup>1</sup> Este trecho do testamento de Alfred Nobel encontra-se disponível na página do Prêmio Nobel – [www.nobelprize.org](http://www.nobelprize.org). Paginação eletrônica.

iniciativa do Sveriges Riksbank). Em 1901 o prêmio passou a ser entregue e tornou-se o prêmio mais significativo da atualidade. Seus ganhadores desfrutam de celebridade, respeito e, de certa forma, imortalidade. É inegável o magnetismo exercido pelo Prêmio Nobel, magnetismo este que se acentua entre especialistas e estudantes, não apenas das áreas de premiação.

Para muitos o Prêmio Nobel parece algo inatingível. Desse modo, é fácil atribuir ao prêmio um apelo mitológico, a mesma mitologia que em geral se atribui aos nomes dos cientistas que o ganharam, elevando-os ao *status* de super-heróis numa realidade muito distante do homem comum. Mas, apesar disso, o Prêmio Nobel possui um glamour que encanta e atrai a todos, dos leigos aos cientistas, e essa atração pode servir como elemento motivador tanto para alunos do ensino médio quanto dos cursos universitários das áreas que ele premia. Um exemplo claro desse efeito do prêmio é o fato de as revistas Química Nova na Escola e Física na Escola, das Sociedades Brasileiras de Química e Física, respectivamente, abordarem trabalhos dos ganhadores do prêmio (Knobel e Macedo, 2007; Mizrahi, 2005; Bagnato, 2005); outro exemplo, neste caso do potencial educacional desse prêmio, é a iniciativa do Ministério da Educação de Israel em financiar parcialmente um projeto de ensino de física moderna baseado no Prêmio Nobel chamado *Journey to the Past: Bringing the Nobel Prize to the Physics Class* (ESHACH, 2008).

Em termos de uma maior aproximação do Prêmio Nobel de Física (e de Química) com o ensino, há vários aspectos a serem considerados.

Um deles é a “atualidade” dos trabalhos que foram laureados: seu primeiro ano de entrega foi o de 1901, ano em que Wilhelm Conrad Röntgen recebeu o prêmio de física pela sua descoberta dos raios-X. Desde então não cessaram os prêmios por investigações realizadas nas chamadas áreas da física moderna e contemporânea. É importante observar que nas pesquisas em ensino de física é bastante antiga a reivindicação da atualização curricular, com a inserção de tópicos de física moderna e contemporânea nesse currículo (Terrazan, 1992).

Ostermann (2000a) destaca os temas de física moderna e contemporânea apontados pela comunidade de professores de física, de pesquisadores em ensino de física e de pesquisadores em física como importantes para a formação do estudante do ensino médio. Dentre os tópicos mencionados, muitos deles foram objetos do Prêmio Nobel, como o efeito fotoelétrico, radiação de corpo negro, mecânica quântica, radioatividade, partículas elementares e raios cósmicos.

Bem trabalhado em sala de aula, o contexto da atribuição do Prêmio Nobel a um cientista pode contribuir para desmistificar a própria idéia do gênio solitário, em sua torre de marfim, alheio a tudo e a todos. Esta é uma das sete categorias de imagens deformadas da ciência que Gil-Pérez *et al* (2001) mapearam e que serão tratadas mais adiante. A propagação de uma imagem realista do cientista, como pessoa que erra, relaciona-se e surpreende-se, através da conferência tem o potencial de enfraquecer a idéia de que o tipo de ciência feita pelo cientista que ganha o Prêmio Nobel é inalcançável (ESHACH, 2008).

Eshach (2008) ainda destaca a importância de se explorar a ciência como uma atividade humana, realizada dentro de um contexto histórico e social. Matthews (1995) aponta para a necessidade de se formar alunos e cientistas que saibam não apenas o conteúdo curricular, mas também como a ciência cresce e se desenvolve, ou seja, aspectos relativos à natureza da ciência, sua filosofia e sua sociologia.

Por último, mas não menos importante, ao ganhar o Prêmio Nobel, o laureado deve, compulsoriamente, dar uma conferência sobre o trabalho premiado, como disposto no parágrafo 9º do estatuto Nobel. Como essas conferências são abertas ao público, têm estruturas mais acessíveis, sendo essencialmente pedagógicas. Essas conferências estão integralmente disponíveis na página do Prêmio Nobel – as mais atuais com vídeos, apresentações de slides e textos, as mais antigas somente em textos.

Assim, tendo em mente os motivos e possíveis benefícios de se usar o Prêmio Nobel como mediador do ensino de ciências, apresenta-se neste trabalho uma discussão didática de duas Conferências Nobel, examinando implicações educacionais de cunho motivacional, epistemológico e científico. É imprescindível notar que, apesar da abundância de pesquisa e argumentação em favor da formação histórica e contextualizada, não apenas de estudantes de ensino médio, mas também dos futuros cientistas e professores de física (WOODALL, 1967; MATTHEWS, 1995), numa pesquisa feita por Staub e Peduzzi (2003), com uma amostragem dos cursos de licenciatura em física das universidades federais e algumas estaduais, nota-se que uma cadeira de história e filosofia da ciência com frequência não consta na grade curricular obrigatória, apresentando-se apenas na grade optativa. Embora a discussão do presente artigo não esteja diretamente ligada aos números apresentados na citada pesquisa, é importante que se atente para a questão da distância entre a produção acadêmica e o ensino – mesmo o ensino nas universidades, onde se dá a produção acadêmica brasileira. Se há a necessidade de uma formação em nível médio mais contextualizada, há de se contextualizar também a formação do professor que atuará no ensino médio. No sentido desta constatação, o objetivo deste artigo é o de discutir a produção de algo concreto, passível de ser levado à sala de aula, possivelmente em uma disciplina de história da física ou similar: a utilização de recortes das Conferências Nobel de Pierre e Marie Curie.

## **POR QUE AS CONFERÊNCIAS NOBEL?**

O fato de ser escrita e apresentada pelo próprio cientista dá a Conferência Nobel um aspecto bastante peculiar, mostrando, por exemplo, os sentimentos e a reação do autor frente a uma nova descoberta, dificilmente encontrado em outros textos sobre o tema ganhador do prêmio.

Mas, de maneira ainda mais importante, uma Conferência Nobel é rica em características científicas daquele momento em que se deu a descoberta, e dela pode-se traduzir com alguma aproximação a intensidade da influência que estas características exerceram sobre aquele cientista. É usual que em uma Conferência Nobel o autor situe seu trabalho em relação aos de outros cientistas, as necessidades tecnológicas de seu tempo, seus objetivos, suas intenções – e todos esses fatores combinados servem para contextualizar cientificamente a sua descoberta. De fato: há de se enfatizar a dimensão social da ciência, de que cada cientista tem o respaldo do trabalho de outros – seja para seguir suas hipóteses, seja para contrariá-las –, de que dificilmente os trabalhos são prontamente aceitos pela comunidade científica e de que mesmo os cientistas mais famosos também cometem erros (WHITAKER, 1979).

Whitaker (1979) enfatiza ainda que se deve ter cuidado com duas características das Conferências Nobel: primeiramente, o fato de que essa fonte fica limitada aos cientistas mais bem-sucedidos – podendo-se cair na armadilha de endeusá-los – e, em segundo lugar, que o conferencista pode superestimar ou menosprezar seu trabalho. Para que se possa manter distância desses problemas, o presente trabalho propõe o uso das conferências, mas fazendo-as dialogar sistematicamente com outras produções científicas – nas áreas de educação e história da ciência – e biografias.

## **A ESCOLHA DO TEMA: RADIOATIVIDADE**

Uma interessante informação disposta na página do Prêmio Nobel é acerca da família mais laureada: Pierre Curie ganhou, juntamente com Marie Curie, o Prêmio Nobel de Física de 1903, “em reconhecimento ao serviço extraordinário que prestaram por sua pesquisa em conjunto sobre os fenômenos de radiação descobertos por Henri Becquerel”; Marie voltou a receber o prêmio em 1911, desta vez em Química “em reconhecimento aos seus serviços pelo avanço da química, pela descoberta dos elementos rádio e polônio, pelo isolamento do rádio e pelo estudo da natureza e dos compostos desse notável elemento”. A filha mais velha do

casal, Irène Joliot-Curie recebeu, juntamente com o seu marido, Frédéric Joliot-Curie, o Prêmio de Química de 1935 “em reconhecimento às suas sínteses de novos elementos radioativos”. Uma família fortemente relacionada ao Prêmio Nobel – fenômeno jamais repetido com tal intensidade – pelos estudos da radioatividade (neste caso, exclui-se Henri Richardson Labouisse Jr., marido de Ève Curie, filha mais nova do casal, que recebeu o Prêmio Nobel da Paz em nome da UNICEF, de que era diretor executivo).

Há ainda outro fato interessante que não se pode deixar de citar: segundo Owens (2009), não há cientista mais biografado para crianças em língua inglesa que Madame Curie. Ele afirma que em uma pesquisa feita em biografias infanto-juvenis no índice WorldCat de bibliotecas, 121 resultados retornaram para Marie Curie. O segundo lugar, Albert Einstein, retorna 96 livros e o terceiro lugar, Charles Darwin, apenas 71 títulos. O autor faz ainda uma comparação entre Einstein e Madame Curie e revela que, interessantemente, ambos desaprovaram suas experiências educacionais. “*Os biógrafos infantis apropriaram-se dessas figuras estrangeiras e, de certa forma, rebeldes, em ícones educacionais americanos institucionalizados.*” (OWENS, 2009, paginação eletrônica). Apesar deste forte apelo educacional atribuído à figura de Marie Curie, em uma pesquisa pelos periódicos nacionais e internacionais da área de ensino de ciências, nota-se que nesse nível de instrução o interesse na radioatividade por si só cai fortemente – enquanto o interesse em Albert Einstein, na Teoria da Relatividade e no efeito fotoelétrico parece se manter ou mesmo aumentar. Como explicar tal falta de interesse da área de ensino de ciências acadêmica em um tópico tão importante e polêmico, trabalhado especialmente por uma família tão distinta?

É bastante intrigante a escassa produção na área de pesquisa em ensino de física em radioatividade; o pouco produzido encontra-se principalmente nos periódicos de química. Esse desencontro é especialmente interessante, haja vista sua importância na área da física: é a radioatividade que se atribui o início do período da física moderna e é a partir dela que se trilha o caminho em direção às físicas nuclear e de partículas. Ostermann e Moreira (2000b), em uma pesquisa sobre os temas de física moderna e contemporânea apresentados na literatura como divulgação científica ou como bibliografia de consulta para professores e alunos, cita alguns trabalhos sobre radioatividade; entretanto, esse não é o tema de física moderna e contemporânea mais tratado na área de ensino de ciências – segundo os autores, esses são a relatividade, partículas elementares e mecânica quântica. Os autores citam apenas seis trabalhos em seu levantamento, que se dividem em três grupos: artigos sobre as implicações da radioatividade, como acidentes e construção de armas e usinas; livros didáticos que inserem física moderna e contemporânea no ensino médio, e artigos que investigam acerca do entendimento de radioatividade pelos alunos e a relação íntima entre este e os conceitos veiculados pelos meios de comunicação. Ainda, em uma pesquisa pelo banco de teses e dissertações da Capes<sup>2</sup> com radioatividade como palavra chave, retornam, em ensino de ciências, apenas três dissertações – Silva (2007), Anele (2007) e Koepsel (2003) – que tratam o enfoque CTS e o ensino de química. Já na área de história da ciência, há apenas uma dissertação, Silva (2004). A pergunta feita acima, então, ganha ainda outros aspectos: por que a falta de interesse acadêmica no tema, especialmente na área de ensino de Física?

## **AS CONFERÊNCIAS NOBEL DE PIERRE E MARIE CURIE**

As Conferências Nobel de Pierre e Marie Curie foram apresentadas em momentos diferentes; apesar de ambos terem dividido o Prêmio da Física de 1903, apenas Pierre apresentou uma conferência, e mesmo assim, só pôde fazê-lo em 1905. Não puderam se deslocar à Suécia em dezembro de 1903 – em carta de agradecimento pela premiação, Pierre desculpa-se por não poderem se apresentar em 10 de dezembro, pois não poderiam se ausentar dos cursos que conduziam. Além disso, Marie não se recuperara de uma doença, o que

---

<sup>2</sup> Disponíveis no portal da Capes: [www.capes.gov.br](http://www.capes.gov.br)

tornava ainda mais difícil uma incursão à Suécia naquela época do ano. Assim, apenas em junho de 1905 essa viagem tornou-se realidade, e só então Pierre apresentou sua conferência, em nome dele e de sua esposa (CURIE, E., 1962).

Na conferência de Pierre, intitulada “Substâncias radioativas, especialmente o rádio”, ele começa falando da descoberta da radiação especial do urânio, por Becquerel, e da descoberta das mesmas propriedades por Marie Curie e Schmidt, na França e na Alemanha respectivamente, para o tório; o casal Curie então denominou esses elementos de radioativos. Assim, ele relata rapidamente a hipótese de novas substâncias e o descobrimento do polônio e do rádio na pechblenda e de suas enormes radioatividades. A seguir, passa a descrever as características do rádio: sua posição na tabela periódica, sua massa atômica, seu espectro, os efeitos de sua radiação em alguns experimentos e a emissão de calor por ele.

Ele então descreve os três tipos de radiação emitidos pelos elementos radioativos, classificadas por Rutherford. Discorre sobre os efeitos de uma substância radioativa sobre o ar que a circunda, gerando as emanações de Rutherford – “um gás instável emitido pela substância” – e sobre um outro sólido nas proximidades da substância, a radioatividade induzida. Depois, descreve o tempo em que essas emanações e substâncias que foram expostas à radioatividade induzida permaneceram radioativas.

Pierre menciona as conseqüências dessas descobertas para a física e para a química e a questão energética. De onde viria a energia das radiações? Ele e Marie Curie propõem duas explicações: a de que as substâncias tomariam emprestada essa energia ou de que elas a tirariam de si mesmas. Pierre continua mostrando ser a segunda hipótese a mais frutífera, trazendo à tona a teoria da transmutação de elementos de Rutherford e Soddy.

Por fim, Pierre trata da utilidade da radioatividade em algumas áreas, como na geologia, meteorologia e na biologia. Fecha sua conferência falando que a radioatividade, utilizada com más intenções, pode ser maléfica para a humanidade. Mas que ele acredita, como o próprio Nobel acreditou, que suas descobertas têm mais a oferecer para o bem do que para o mal.

Marie, que não se apresentou formalmente em 1905, teve a oportunidade de apresentar seu trabalho ao ganhar, pela segunda vez, um Prêmio Nobel, desta vez em química. De acordo com Pasachoff (1996), o Prêmio de Física de 1903 não mencionou as descobertas do polônio e do rádio, pois membros do comitê de Química defendiam a possibilidade de os Curies futuramente ganharem o prêmio da área. E assim aconteceu, quando Marie recebeu esse prêmio em 1911 – o prêmio não menciona o nome de Pierre, morto em 1906, pois, como consta no estatuto, não se institui prêmios póstumos.

Sua conferência intitulada “O rádio e os novos conceitos em Química” começa com um panorama geral dos estudos da radioatividade, sua introdução culminando na ênfase de que é no rádio que se estabelece o pilar mais forte da nova ciência, e o tema escolhido para sua conferência.

Marie começa tratando da capacidade de ionização do ar dos elementos radioativos e com uma técnica baseada nesta capacidade, ela mediu a atividade de outras substâncias. Assim, pode concluir que apenas o tório comportava-se como o urânio.

Ela relata também sua surpresa ao constatar que a radioatividade parecia ser uma propriedade atômica da matéria. Assim, a radioatividade de um corpo dependeria diretamente da quantidade de urânio ou tório que ele contivesse; no entanto, ao medir a atividade de certos metais, como a calcolita e a pechblenda, notou que eles apresentavam radioatividade maior que a sua quantidade de urânio previa, conflitando com a teoria de que nenhum metal deve ser mais radioativo que o urânio metálico. Para descartar a hipótese de que a teoria estava errada, preparou esses metais sintéticos e verificou que suas atividades eram consistentes com seu conteúdo de urânio e tório.

Ocorreu-lhe que deveria haver nesses metais alguma nova substância em pequena quantidade, mas de grande radioatividade. A partir daí, ela narra a dificuldade de extrair esses elementos por processos químicos comuns, o que a levou, juntamente com Pierre, a outras

técnicas de extração que tinham como base fundamental a radioatividade sendo uma propriedade atômica da matéria, análoga à análise espectral. Encontraram então o polônio e o rádio, fortemente associados ao bismuto e ao bário, respectivamente.

Mesmo assim, do ponto de vista químico, essa descoberta não poderia ser legitimada: os químicos argumentavam que aqueles materiais isolados poderiam ser o bismuto e o bário puros. Era necessário isolar o rádio e o polônio. Este foi um trabalho braçal que perdurou por alguns anos: a partir de uma tonelada de pechblenda conseguia-se uma fração ínfima de rádio e de polônio. Foi preciso extrair o sal de rádio puro e medir sua massa atômica para que ele fosse aceito como um elemento químico, tendo dessa maneira sua posição na tabela periódica e seu espectro definidos. Já para o polônio, essa dificuldade mostrou-se ainda maior, estando ele em proporção cinco mil vezes menor que a já irrisória proporção de rádio na pechblenda, e tendo meia-vida de apenas 140 dias, muito menor que a do rádio, que é de dois mil anos. O polônio se concretizou como elemento com a extração de uma pequena quantidade dele, 50 vezes mais ativo que a mesma quantidade de puro rádio, e com linhas de espectro características dele, que desapareciam conforme seu tempo de atividade.

Na segunda parte da conferência, Marie então discorre sobre a teoria de desintegração de Rutherford e Soddy – iniciada com a indagação acerca da fonte de energia envolvida nos processos radioativos – que tem como resultado revolucionário a formação de matéria estável a partir de matéria instável. Essa teoria prevê então a formação de gás hélio – um elemento químico bem definido – pelo rádio – outro elemento químico bem definido. De acordo com ela, essa teoria apoia-se na certeza de que o rádio é um elemento químico, e não uma molécula constituída de hélio associado a outro elemento qualquer. Por isso, justifica-se a importância do rádio e de isolá-lo.

Assim, estabeleceram-se trinta elementos radioativos que foram classificados em quatro séries de decaimento: urânio, rádio, tório e actínio. Neste caso, o polônio seria o último elemento conhecido no decaimento do rádio. Quanto à produção de hélio, ela menciona a relação entre ele e as partículas alfa; fala também que a partir dele, pode-se contar o número de moléculas em um molécula-grama, a constante de Avogadro. Os números obtidos para esta constante concordam com valores obtidos em outros experimentos.

Ela encerra sua conferência comentando a baixíssima quantidade de rádio disponível na natureza; muitas vezes, esse rádio não pode ser detectado nem na balança, nem no eletroscópio. Mesmo assim, o aparato experimental necessário para se detectar uma quantidade ínfima de rádio já era existente e estava em utilização, permitindo essa detecção com erro muito baixo. A mesma precisão estendia-se aos outros elementos radioativos, que apesar de estarem em quantidades ainda menores e de suas pequenas meias-vidas, podem ser determinados, dissolvidos e reprecipitados eletroliticamente. Ela denomina essa nova ciência de química do imponderável, cuja ferramenta mais útil é o eletrômetro e, não, a balança.

## **IMPLICAÇÕES EDUCACIONAIS**

Ao utilizar essas duas Conferências Nobel e fazê-las dialogar com outras produções acadêmicas, nota-se a presença de algumas categorias de implicações educacionais. Essas implicações seriam de cunhos motivacional, epistemológico e conceitual.

Em se tratando das implicações motivacionais, podemos separar dois obstáculos de bastante importância que o casal teve que transpor. O primeiro deles é o fato de que Pierre e Marie Curie não mencionam em suas conferências as condições de trabalho a que se submeteram durante os longos quatro anos na tentativa de isolar os novos elementos. É impressionante que eles pudessem desenvolver métodos de detectar o rádio com erros tão pequenos trabalhando em um hangar de teto esburacado e chão de terra, em que a umidade era a maior inimiga, presente diariamente (CURIE, E., 1962). A obstinação desse casal fez com que eles passassem por cima de toda sorte de obstáculos para que pudessem ter evidência

experimental de sua hipótese. Este é um exemplo de superação e tenacidade para o aluno, que também encontra em seus estudos os mais diversos obstáculos.

O segundo deles diz respeito especialmente ao gênero. É importante frisar o que Marie Curie enfrentou não apenas durante sua busca pelos novos elementos, mas por toda a sua vida: as dificuldades que a ela impunham por ser mulher. Por esse motivo, ela não poderia continuar seus estudos em nível superior em sua terra natal, a Polônia, especialmente após a invasão russa – apesar de ter o apoio incondicional de seu pai. Marie mudou-se para a França, para estudar na Sorbonne, onde uma de suas irmãs estudava medicina. Morou com sua irmã por um tempo, mas por necessitar de mais calma e silêncio, decidiu morar sozinha num apartamento que com seus poucos ganhos poderia manter (CURIE, E., 1962). Até mesmo no caso do Prêmio Nobel, segundo Pasachoff (1996), a nomeação estendia-se apenas a Pierre, mesmo que grande parte das comunicações científicas tenha sido assinada por ela e por ambos. Foi necessária a intervenção do membro do comitê Magnus Goesta Mittag-Leffler, que, ao escrever a Pierre sobre a situação, recebeu a resposta de que Marie também deveria ser considerada, pois o trabalho sobre matéria radioativa era do casal. Apesar de já consagrada mundialmente como cientista, Marie Curie só assumiu uma cadeira na Sorbonne em substituição a Pierre, após sua morte.

No que se trata das implicações educacionais de cunho epistemológico, ao se fazer uma associação das conferências com Gil-Pérez *et al* (2001), nota-se que elas podem ser utilizadas para lidar com as visões deformadas da ciência mapeadas pelos autores. Analisando a Conferência Nobel de Marie Curie, encontramos a seguinte passagem, que diz respeito aos resultados da primeira técnica que fez, para a verificação da atividade de todos os elementos:

*Fui golpeada pelo fato de que a atividade dos compostos de urânio e tório parecia ser uma propriedade atômica dos elementos [...] A atividade não é destruída por quaisquer mudanças de estado físico ou transformações químicas.* (CURIE, M., paginação eletrônica)

Nota-se que ela faz uma primeira conjectura, quanto à natureza atômica da matéria radioativa. Mais adiante, relata que mediu a atividade de outros vários minerais, e deparou-se com o inesperado: “[...] certos minerais (*pechblenda, calcolita, autunita*) tinham atividade ainda maior do que a esperada com base nos seus conteúdos de urânio e tório.” (idem). Ela, então, decide tratar este fato inesperado da seguinte maneira:

*Para encontrar uma explicação para isso, preparei calcolita sintética de produtos puros e obtive cristais cuja atividade era completamente consistente com sua composição de urânio; essa atividade é a metade da do urânio metálico.*

*Então pensei que a maior atividade do mineral natural deva ser determinada pela presença de uma pequena quantidade de um material altamente radioativo, diferente do urânio e do tório e dos elementos conhecidos no presente.* (idem)

Ela e Pierre decidem empreender a busca por esse elemento hipotético através de técnicas químicas ordinárias, o que se mostrou uma tarefa muitíssimo árdua, pois esse elemento parecia estar em proporções ainda menores do que aquelas que eles esperavam. Assim, foram

*[...] levados a criar uma nova técnica de pesquisa [...] que se baseava na radioatividade sendo uma propriedade atômica da matéria. Cada separação química é seguida por uma medida da atividade dos produtos obtidos[...] Descobrimos que a *pechblenda* contém pelo menos dois materiais radioativos, um dos quais, acompanhando o bismuto, recebeu o nome de *polônio*, enquanto o outro, acoplado ao bário, foi nomeado *rádio*.* (idem)

Apesar da constatação, do ponto de vista químico essa descoberta ainda não poderia se legitimar. Era necessário isolar os elementos para provar que não eram apenas bário e bismuto

puros. Trataram, então, os resíduos de mais de uma tonelada de pechblenda após a extração de urânio, em laboratório e em uma fábrica: “*aprendemos através da experiência que o rádio está na matéria-prima na proporção de uns poucos decigramas por tonelada.*” (idem)

O rádio estabeleceu-se como elemento químico após seu isolamento, com a análise espectral e a determinação de seu peso atômico. “*Esses resultados tão exatos para o rádio convenceram químicos e justificaram o estabelecimento da nova ciência das substâncias radioativas.*”(idem)

Um pouco mais a frente, ela menciona: “*As propriedades radioativas do metal são exatamente aquelas que podem ser previstas se assumir-se que a radioatividade dos sais é uma propriedade atômica, cujo estado de combinação não afeta.*”(idem).

O que se pode notar nesses trechos, que aqui foram dispostos na ordem da conferência – e, de acordo com Madame Curie, na ordem cronológica de acontecimentos – é que a ciência que estava sendo construída nada tinha de atórica, a categoria de Gil-Pérez *et al* (2001) mais tratada na bibliografia. Este fato também transparece na Conferência Nobel de Pierre Curie:

*Assim, Madame Curie assumiu que esses materiais continham elementos químicos radioativos que eram até então desconhecidos. Nós, Madame Curie e eu, tentamos encontrar essas novas substâncias hipotéticas no minério de urânio, a pechblenda.*(CURIE, P., paginação eletrônica)

Nota-se a grande importância de uma teoria apriorística para a descoberta desses novos elementos e do desenvolvimento da radioatividade. Um bom exemplo de que a imagem empírico-indutivista do trabalho científico não reflete fielmente sua realidade. E estes mesmos trechos ainda contrariam outra imagem deformada da ciência: a visão algorítmica, exata e infalível, ou seja, a existência de um método científico. Observa-se que cada novo experimento dependia de uma nova suposição, que não havia um guia de passos a se seguir até que se encontrasse o rádio. Foi necessário que se substituísse métodos e técnicas para que se chegasse aos resultados desejados.

Outra visão deformada da ciência que cai por terra com a análise das conferências é a imagem apromblemática e aistórica da ciência. A palavra que Marie Curie usa em sua conferência ao falar da descoberta da radiação como sendo uma propriedade atômica da matéria é “golpeada” (*struck*, em inglês), ou seja, ela encontrou algo que jamais esperava. A própria estrutura de sua conferência deixa claro que houve um processo de construção dessa ciência, em que os problemas, longe de serem encarados como empecilho, colaboraram para seu desenvolvimento.

Ainda nas categorias de Gil-Pérez *et al* (2001), a visão acumulativa e de crescimento linear da ciência tem um contra-exemplo bastante forte na conferência de Marie Curie. Ela fala da dificuldade de provar a existência dos elementos radioativos; a comunidade científica, especialmente os químicos, exigia que o rádio e o polônio estivessem isolados: “*do ponto de vista químico, era como se nossas substâncias fossem uma, puro bismuto, e outra, puro bário*”(CURIE, M., paginação eletrônica). Após a consagração do rádio como elemento químico, de espectro e peso atômico bem definidos, e conseqüentemente da radioatividade como nova ciência, a comunidade passou a aceitar outros 30 novos elementos químicos que não poderiam ser e nem foram isolados. “*O rádio na forma de puro sal é uma substância cuja manufatura é atualmente industrializada; tais resultados positivos não foram alcançados para mais nenhuma substância*”(idem). Pode-se observar nessa mudança de postura da comunidade científica uma mudança paradigmática bastante relevante.

Há outra categoria colocada por Gil-Pérez *et al* (2001), a visão que trata a ciência como elitista e individualista. Diz respeito à imagem normalmente propagada de um cientista especialmente dotado, o que passaria ao aluno uma imagem inalcançável “*com claras discriminações de natureza social e sexual*” (p. 133). Observa-se nas conferências que os Curies situam sistematicamente seus trabalhos dentre os outros; fica claro que os trabalhos do casal tiveram o acesso aos trabalhos de vários outros cientistas, como Becquerel, cujo



trabalho deu o primeiro passo para as investigações, Demarçay, com as análises espectrais, Debierne, que descobriu o actínio e ajudou Marie Curie a isolar o rádio em estado metálico, e Rutherford e Soddy, que propuseram a teoria da transmutação dos elementos a partir dos fenômenos radioativos e das hipóteses para a questão energética postos pelo casal. Neste aspecto, a conferência de Pierre Curie é ainda mais rica que a de sua esposa.

Por fim, em se tratando da categoria que dissocia ciência de seus aspectos sociais, encontramos um contra-exemplo fortíssimo na última parte da Conferência de Pierre Curie. Ele discorre sobre a importância da radioatividade na geologia, na meteorologia e na medicina, apontando inclusive para o perigo que constitui os conhecimentos sobre o rádio e a radioatividade em mãos erradas. É importante notar que as descobertas de Pierre e Marie Curie não foram de modo algum motivadas por necessidades sociais e tecnológicas; entretanto, ambos demonstraram grande interesse nas capacidades tecnológicas e medicinais do rádio. Pierre mostra seu interesse explicitamente em sua Conferência; Marie, como se sabe, foi ativista na 1ª Grande Guerra e defendeu a utilização do rádio e dos raios-X para fins medicinais.

Dentre as várias implicações educacionais de cunho conceitual, optou-se neste artigo por tratar de uma em especial: a questão da origem da energia que fomenta os fenômenos radioativos. Na Conferência Nobel de Pierre Curie, é bastante clara a passagem em que ele trata das hipóteses lançadas a este problema: uma delas sendo a suposição de que a matéria radioativa tome essa energia de uma radiação externa; a outra, supondo que a matéria radioativa tire de si mesma essa energia.

De fato, é relatada por Curie, E (1962) a agitação que as buscas pela explicação da radioatividade causou entre os cientistas franceses:

*Discutem-se os últimos “boatos” circulantes: indiscrições sobre os raios “alfa”, “beta” e “gama” do radium... Perrin, Debierne e Urbain tagarelam com ardor. Andam à cola da energia emitida pelo radium, e para explicá-la têm que por de lado o princípio da conservação da matéria e o princípio da conservação de energia – duas bases! Quando Pierre lembra da hipótese das transmutações radioativas, Urbain rompe em berros. Não quer ouvir nada e defende com violência a outra idéia! E em que ponto está o trabalho de Sagnac? E que notícias há das experiências de Marie sobre o peso atômico do radium? (CURIE, E., 1962, p. 200)*

Assim, nota-se nesse pequeno grupo de cientistas ao menos um que não concebia a segunda hipótese lançada por Pierre em sua conferência, baseado nos trabalhos de Sagnac, que, ao observar os metais atingidos pelos raios X, observou a emissão de raios secundários, que eram mais fortemente absorvidos que os raios X incidentes. Numa placa metálica fina, notou que esses raios secundários se propagavam para os dois lados, e embora o metal tivesse absorvido pouquíssima radiação, os seus raios secundários eram capazes de impressionar fortemente as chapas fotográficas. Esses raios secundários eram mais fortes conforme fosse maior o peso atômico da substância irradiada. Assim, Marie foi levada a conjecturar a possibilidade da existência no espaço de radiações difíceis de detectar, como os raios X, que ao serem absorvidas pelo urânio, elemento químico de maior peso até então, fariam com que ele emitisse uma radiação secundária. (MARTINS, 2003)

Apesar disso, percebe-se na conferência de Pierre sua inclinação à hipótese da transmutação dos elementos de Rutherford e Soddy.

*A segunda hipótese mostrou-se muito mais fértil na explicação das propriedades das substâncias radioativas propriamente ditas. Ela dá, em particular, uma explicação imediata para o desaparecimento espontâneo do polônio e a produção do hélio pelo rádio. (CURIE, P., paginação eletrônica)*

Apesar deste posicionamento, Martins (2003) defende que foi a hipótese da emissão secundária que guiou os primeiros experimentos de Marie, pois, ao restringir o fenômeno apenas aos elementos mais pesados, dava suporte à hipótese da propriedade atômica. Contudo, mais tarde o casal encontra nesta hipótese uma barreira para a compreensão da natureza dos fenômenos radioativos.

Kragh (1994) divide o estudo da radioatividade em três períodos: de 1898 a 1903, a fase exploratória, quando se buscava entender especialmente se o fenômeno era de natureza atômica ou causado por fatores externos; o segundo período sendo de 1903 a 1913, quando a primeira conjectura já era aceita e então se passou a procurar por explicações sobre a radioatividade, chegando ao ponto de, em 1910, a maior parte dos cientistas pararem de procurar por elas. A partir de 1913, retoma-se as investigações das causas da radioatividade, com o estabelecimento do modelo atômico de Bohr-Rutherford. O período intermediário, descrito por Kragh (idem), mostra que não foi simples a aceitação de quaisquer das hipóteses expostas por Pierre Curie e outras. O autor explica “(...) *havia interesse considerável em explicar a radioatividade em termos de modelos atômicos no período de 1903 a 1913*” (p. 331) A incipiência dos modelos atômicos fazia com que a compreensão da radioatividade também o fosse.

Marie e Pierre mantiveram uma posição reticente quanto à origem da energia dos processos radioativos em suas comunicações de 1900, 1902 e 1903. William Crookes, por exemplo, propunha em 1898 que essa energia era retirada do ar ao redor, violando a lei de entropia. Já em 1900, ele mudou sua posição para a hipótese materialística, mencionando inclusive a possibilidade de haver corpos menores que o átomo, referenciado no modelo de Thomson. Já Mendeleev continuava a propor uma hipótese similar à primeira de Crookes. Em 1923, Perrin ainda defendia a hipótese de que a radioatividade não seria um fenômeno espontâneo, mas acionado por alguma radiação de origem terrestre ou cósmica. (Kragh, idem)

Apesar de fornecer uma ótima descrição para os decaimentos radioativos, a teoria de Rutherford e Soddy não era capaz de explicar a causa da radioatividade. Mesmo assim, essa parecia ser uma preocupação de Rutherford, que em 1907 afirma que as teorias atômicas daquele momento não eram capazes de responder a questão causal do fenômeno (Kragh, idem). É importante observar a relação íntima entre os desenvolvimentos dos modelos atômicos e da radioatividade, sempre permeados pela questão da conservação de energia (Kragh, 1994 e 2000); também essencial é tentar compreender que o fator humano foi decisivo para os dois processos, quando as principais barreiras encontradas residiam nas crenças dos cientistas em uma matéria imutável, no átomo indivisível e no éter.

## CONCLUSÃO

É de grande importância remeter-se a Whitaker (1979), pois a utilização exclusiva das Conferências Nobel acaba restringindo o estudo apenas aos trabalhos mais bem-sucedidos. Adiciona-se aqui que a decisão do que é ou não bem-sucedido cabe a um comitê, que apesar de levar em conta a opinião de eminentes cientistas por todo o mundo, tem a palavra final na decisão do merecedor do prêmio. Assim, vários são os nomes explorados na literatura que configuram exemplos de injustiças aos verdadeiros desenvolvedores das ciências ganhadoras do Prêmio Nobel. A literatura trata especialmente das injustiças às mulheres: McGrayne (1995) dedica seu livro a dois nomes de extrema importância para a Medicina, Hilde Proescholdt Mangold e Frieda Robscheit-Robbins que não receberam o devido reconhecimento por seus trabalhos; Chassot (1997) menciona que dos cem nomes mais importantes e influentes da história da humanidade numa pesquisa elaborada por Michael Hart, apenas dois são de mulheres. E as três mulheres que trouxeram as maiores contribuições para a física do século passado – Marie Curie, Lise Meitner e Maria Goeppert Mayer – sequer são citadas. Destas três, uma delas não recebeu o Prêmio Nobel que merecia: Lise Meitner, decifradora do processo de fissão nuclear – apenas seu parceiro, Otto Hahn, foi laureado pela

pesquisa. Mas, para além da questão de gênero, temos um exemplo brasileiro de cientista que não recebeu o Prêmio Nobel por sua pesquisa: Cesar Lattes, sem a menor dúvida, um co-descobridor do pión.

## REFERÊNCIAS

ANELE, A. C. **O enfoque CTS em sala de aula: uma abordagem diferenciada utilizando a Unidade de Aprendizagem na Educação Química**. 2007. 109p. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática). Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BAGNATO, Vanderlei Salvador. Prêmio Nobel de Física 2005: Theodor W. Hänsch, John L. Hall e a espectroscopia de precisão. **Física na Escola**, São Paulo, v. 6, n. 2, out. 2005.

CHASSOT, A. Nomes que fizeram a Química (e quase nunca lembrados). **Química Nova na Escola**, n.5, mai. 1997.

CURIE, Ève. *Madame Curie*. Tradução de Monteiro Lobato. 11ª Ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1962.

CURIE, P. Radioactive Substances, espeacially Radium. In:\_\_\_\_\_. Nobel Lectures, Physics 1901-1921, Amsterdam: Elsevier, 1967.

CURIE, M. Radium and the new concepts in chemistry. In:\_\_\_\_\_. Nobel Lectures, Chemistry 1901-1921. Amsterdam: Elsevier, 1966.

ESHACH, H. The Nobel Prize in Physics Class: Science, History and Glamour. **Science and Education**, Holanda. Publicada online, ago. 2008. Disponível em <<http://www.springerlink.com> > Acesso em: 17 mai. 2009.

GIL-PÉREZ, D.; MONTORO; I. F.; ALFS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência e Educação**. São Paulo, v.7, n.2, 2001.

KNOBEL, M.; MACEDO, W. A. A. O Prêmio Nobel da física de 2007, gravação magnética e spintrônica. **Física na Escola**, São Paulo, v.8, n.2, out. 2007.

KOEPSSEL, R. **CTS no ensino médio: aproximando a escola da sociedade**. 2003. 101p. Dissertação (Mestrado em Educação). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

KRAGH, H. The origin of radioactivity: from solvable problem to unsolvable non-problem. **Archive for History of Exact Sciences**. Berlin/Heidelberg, v. 50, n. 3-4, set. 1997.

KRAGH, H. Conceptual changes in chemistry: the notion of a chemical element ca. 1900 – 1925. **Studies in History and Philosophy of Science Part B: Studies in History and Philosophy of Modern Physics**, v.31, n.4, dez. 2000.

MARTINS, R. A. As primeiras investigações de Marie Curie sobre os elementos radioativos. **Revista da SBHC**. n. 1, 2003

MATTHEWS, M. R. História, Filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. Florianópolis, v.12, n.3, dez. 1995.

MCGRAYNE, Sharon Bertsch. *Mulheres que ganharam o Prêmio Nobel em Ciências: suas vidas, lutas e notáveis descobertas*. Tradução de Maiza F. Rocha e Renata Brant de Carvalho. São Paulo: Marco Zero, 1995.

MIZRAHI, S. S. Prêmio Nobel de Física de 2005: Roy J. Glauber, o fundador da óptica quântica teórica. **Física na Escola**, São Paulo, v.6, n.2, out. 2005.

OSTERMANN, F. **Tópicos de Física Contemporânea e escolas de nível médio e na formação de professores de física**. 2000a. Tese (Doutorado em Física). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

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**. Porto Alegre, v.5, n.1, 2000b.

OWENS, T. Going to school with Madame Curie and Mr. Einstein: gender roles in children’s science biographies. **Cultural Studies of Science Education**, Holanda. Publicado online, fev. 2009. Disponível em <[www.springerlink.com](http://www.springerlink.com)> Acesso em: 17 mai. 2009.

PASACHOFF, N. *Marie Curie and the science of radioactivity*. Oxford University Press, 1996. Disponível em: < <http://www.aip.org/history/curie/contents.htm>> Acesso em: 17 mai. 2009.

PEDUZZI, L. O. Q. *Do átomo grego ao átomo de Bohr*. Publicação interna. Departamento de Física, Universidade Federal de Santa Catarina, 2008. 202 p.

SILVA, A. P. **Alguns aspectos do percurso de Marie Curie (1867-1934) em seus estudos sobre as radiações**. 2004. 112p. Dissertação (Mestrado em História da Ciência) Pontifícia Universidade Católica, São Paulo.

SILVA, G. J. **Epistemologia em uso: imagem da ciência em livros didáticos de Química**. 2007. 289p. Dissertação (Mestrado em Educação). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

STAUB, A. C. M. ; PEDUZZI, L. O. Q. . A História e a Filosofia da Ciência em uma Disciplina de Evolução dos Conceitos da Física. In: VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2007, Florianópolis. VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2007. v. VI.

TERRAZAN, E. A. A inserção da Física Moderna e Contemporânea no ensino de Física na escola de 2º grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v.9, n.3, dez. 1992.

WHITAKER, M. A. B. History and quasi-history in physics education – part 2. **Physics Education**. Grã-Bretanha, v.14, 1979.

WOODALL, A. J. Science History: the place of the history of science in science teaching. **Physics Education**, v.2, 1967