



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE QUÍMICA**

Adma Sarah Boiba Martins

**CONTRIBUIÇÕES DE MARIE CURIE PARA A
CIÊNCIA E A FORMAÇÃO CIENTÍFICA DE JOVENS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Brasília – DF

1.º/2014



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE QUÍMICA**

Adma Sarah Boiba Martins

**CONTRIBUIÇÕES DE MARIE CURIE PARA A
CIÊNCIA E A FORMAÇÃO CIENTÍFICA DE JOVENS**

Trabalho de Conclusão de Curso em Ensino de Química apresentado ao Instituto de Química da Universidade de Brasília, como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciada em Química.

Orientador: Roberto Ribeiro da Silva

1.º/2014

EPIGRAFE

"Utopia...

Aproximo-me dois passos, ela se afasta dois passos.

Caminho dez passos e o horizonte corre dez para lá.

Por mais que eu caminhe, nunca, nunca a alcançarei.

Para que serve a utopia então? Para isso, PARA CAMINHAR!"

Eduardo Galeano

AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus pela força, cuidado e por me dar perseverança. Ao longo de toda minha graduação, Ele enviou pessoas para me ajudar, me incentivar e sempre esteve ao meu lado. Em todas as etapas de minha vida, sei que Sua mão está agindo.

A toda minha família, principalmente aos meus pais Osany e Fernando e meu irmão Silas, por estarem sempre perto, me apoiando com bons conselhos, paciência, amor, carinho e me dando colo nos momentos difíceis.

Ao meu esposo e companheiro Samuel pelo amor, paciência nos meus momentos de estresse, incentivo, compreensão e apoio que me possibilitaram a conclusão deste trabalho.

Ao meu orientador professor Roberto Ribeiro da Silva, que tenho imenso respeito e admiração, pela paciência, instruções, conselhos e correções que foram fundamentais na conclusão do trabalho.

Ao professor Ricardo Gauche, que apesar de não ter participado diretamente deste trabalho, mudou minha forma de pensar o processo ensino-aprendizagem com suas aulas e através de sua coordenação no projeto PIBID (Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência) o qual tive o prazer de participar.

SUMÁRIO

Introdução	7
Capítulo 1 – Contribuições da História da Ciência no Ensino de Ciência	10
Capítulo 2 – A Experimentação no Ensino de Ciências	17
Capítulo 3 – Contribuições Científicas do Trabalho de Marie Curie	24
Capítulo 4 – Sobre o Livro “Aulas de Marie Curie”	28
Metodologia.....	34
Resultados e Discussão.....	35
Considerações finais	42
Referências	43

RESUMO

Por muito tempo, o ensino de Ciências tem se mostrado insatisfatório e apresentado diversos problemas. Consequentemente, a aprendizagem destas disciplinas também tem apresentado baixos resultados. Na tentativa de solucionar estes problemas, vários teóricos têm apresentado propostas para tornar o ensino de Química mais eficiente. Além de acreditarmos que a associação do conhecimento químico com a vida cotidiana facilita o ensino de Ciências, defendemos duas estratégias para possibilitar a superação desta crise: o uso da História da Ciência e a experimentação. No século XIX, Marie Curie já usava destas estratégias em suas aulas quando formou uma cooperativa de ensino com outros amigos cientistas e professores, para ensinarem Ciências para seus filhos. Neste trabalho, apresentamos, analisamos e discutimos algumas aulas que foram descritas por uma de suas alunas no livro “Aulas de Marie Curie” e selecionamos alguns deles para realizarmos com alguns alunos e verificarmos se esta estratégia realmente se mostra eficiente.

Palavras-chaves: Marie Curie, História da Ciência, Experimentação.

INTRODUÇÃO

O processo ensino-aprendizagem em Ciências é notavelmente insatisfatório. Vários países também padecem deste problema. Como consequência, em uma pesquisa realizada em 2010 pelo Programa Internacional de Avaliação de Alunos (PISA) com 65 países¹, o Brasil ficou em 53º lugar em Ciências, ficando atrás de países como Tailândia e Trinidad e Tobago. Se a Ciência está presente no cotidiano do aluno, o que explica o baixo desempenho dos alunos?

Para termos uma visão geral dos problemas relativos ao ensino de Ciências é importante citar a influência de nossa colonização portuguesa por ter sido determinante na evolução da educação escolar. Segundo Echeverria, Mello e Gauche (2010), a família patriarcal incumbiu os Jesuítas à pregação da fé católica e ao trabalho educativo. Os Jesuítas foram mentores da educação brasileira durante duzentos e dez anos até a expulsão providenciada por Marquês de Pombal em 1759.

A maioria dos jesuítas eram avessos ao espírito de Reforma na Europa. A inclinação ao dogma e o desinteresse por Ciências, produziram na colônia uma educação que se manteve resistente ao espírito crítico de análise e à experimentação. Nas escolas jesuíticas predominavam o processo de ensino ligado à repetição e memorização dos conteúdos apresentados.

Esse processo de ensino que perdurou até 1759 tem influência direta em nossa educação. Pereira (2008) indica que muitos professores apresentam a Ciência de forma distante da realidade dos alunos, gerando um grande desinteresse nos jovens. A abordagem da Ciência baseada meramente na transmissão de conteúdos, apresenta o conhecimento científico como verdade inquestionável o que causa a aceitação por parte dos alunos ao invés de instigar o espírito crítico dos mesmos.

E se os alunos não se interessam por estudar ciências, conseqüentemente a demanda para os cursos de Licenciatura nesta área é baixíssima, mesmo com os altos índices de

¹ Disponível em <http://educarparacrescer.abril.com.br/blog/boletim-educacao/2010/12/07/desempenho-brasil-pisa-melhora-mas-ainda-estamos-longe-de-uma-educacao-de-qualidade/>

emprego. Esta baixa procura contribui para maiores problemas no ensino de Ciências. Mesmo os alunos que se interessam por estes cursos se queixam de não serem bem preparados para lidar com os problemas de sala de aula. Na formação dos licenciandos em grande parte de instituições de ensino superior no Brasil existe uma grande barreira entre a teoria e a prática, o que não deveria existir. Os licenciandos não são preparados para planejarem aulas com abordagens diferentes e assim o ensino continua no modelo transmissão-recepção.

Outro fator que interfere na qualidade do ensino de Ciências é a visão de alguns professores sobre o papel da experimentação. Para uma grande parte, o experimento tem a função de comprovar a teoria, mas na realidade a Ciência constrói modelos para tentar explicar o que é observado. Segundo Fourez (2003), os professores acreditam que ensinar sobre o progresso da ciência sem falar sobre o contexto histórico, social e cultural, levará os alunos a compreenderem somente as aplicações tecnológicas, porém os alunos precisam compreender que existe uma forte influência da tecnologia no progresso da Ciência também.

Buscando suplantando estes problemas, uma série de pesquisas em ensino de ciências têm sido realizadas. O uso da história da Ciência e da experimentação no processo ensino-aprendizagem de Ciências têm sido apontadas como ferramentas que podem possibilitar a superação destes problemas. Por isso, a principal finalidade desse trabalho é a produção de uma aula com o uso da experimentação e história da ciência baseado no livro “Aulas de Marie Curie” e que possibilite ao aluno compreender o verdadeiro caráter científico da ciência instigando seu espírito crítico.

Para o desenvolvimento do trabalho o dividimos em quatro capítulos. No primeiro capítulo nós salientamos as razões que justificam o uso da História da Ciência no ensino e mostramos que a defesa de que a História da Ciência entre nos currículos escolares não é recente. No capítulo de número dois falamos das vantagens do uso da experimentação nas aulas de ensino de Ciências. Assim como o uso da História da Ciência não é defendido recentemente, muitos teóricos também já haviam reconhecido as contribuições da experimentação no ensino. Claro que devemos reconhecer que dependendo da forma que o experimento é abordado, podem ser gerados muitos problemas. Devido a isso, apresentamos algumas formas de trabalhar a experimentação que acreditamos produzir uma aprendizagem efetiva.

No capítulo três mostramos um pouco da biografia de Marie Curie, bem como suas contribuições à ciência. Defendemos que conhecer a biografia de eminentes cientistas nos faz compreender que a Ciência é feita por pessoas comuns e acabamos com aquele conceito de

que para fazer ciência, a pessoa precisa ser um supergênio. No quarto capítulo, mostramos um pouco das aulas de Marie Curie que estão descritas no livro “Aulas de Marie Curie” e através delas, conseguimos conhecer a metodologia de ensino dela. Conhecemos as qualidades de suas aulas e podemos observar que mesmo sendo no início do século passado, ela também acreditava que o ensino de Ciências com o uso da experimentação e questões do cotidiano dos alunos, fazia com que eles aprendessem melhor.

Depois do referencial teórico, temos a metodologia do trabalho que explica quais foram os critérios para a escolha dos experimentos do livro para realizá-los com alguns alunos. Na sequência apresentamos os resultados deste trabalho acompanhado de alguns comentários. Estes experimentos realizados com os alunos, têm como objetivo nos fazer refletir com as respostas deles para os fenômenos e analisar se os experimentos e a forma com que Marie trabalha, realmente produz ou não uma mudança nas concepções dos alunos, ou seja, se eles realmente aprenderam os conceitos científicos.

CAPÍTULO 1 – CONTRIBUIÇÕES DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE CIÊNCIA

A História da Ciência é atualmente um instrumento que pode possibilitar melhoras no processo educacional. Defesas sobre o uso da História da Ciência em todo o mundo existem desde o fim do século XIX. Diversos e importantes cientistas e filósofos foram os principais defensores. Dentre eles podemos citar Wilhelm Ostwald, que foi um notável químico e filósofo alemão; Ernst Mach, físico e filósofo austríaco que defendia a concepção positivista; John Dewey, filósofo e pedagogo norte-americano crítico do empirismo e James Bryant Conant, químico e filósofo norte-americano (PEREIRA, 2008). Embora cada um defendesse uma concepção diferente, ambos criticavam uma educação focada unicamente na transmissão de conteúdos.

No Brasil, indicações para a inclusão da História da Ciência no currículo são antigas, sendo já recomendada desde a Reforma Francisco Campos em 1931 (PORTO, 2010). A visão de como empregar a história no ensino mudou bastante, mas as recomendações ao uso da história ainda são presentes. Em nosso país, temos estes conselhos vindos de vários documentos nacionais, como por exemplo o trecho encontrado no Parâmetro Curricular Nacional para o Ensino Médio (BRASIL, 1999):

[...] o conhecimento químico não deve ser entendido como um conjunto de conhecimentos isolados, prontos e acabados, mas sim uma construção da mente humana, em contínua mudança. A História da Química, como parte do conhecimento socialmente produzido, deve permear todo o ensino de Química, possibilitando ao aluno a compreensão do processo de elaboração desse conhecimento, com seus avanços, erros e conflitos. (BRASIL, Parte III, p. 66).

Percebe-se da citação acima que existe uma preocupação em ensinar a Química como uma Ciência construída por humanos e que seu processo de construção depende do contexto histórico e cultural. Segundo Matthews (1995), a história da Ciência não é a chave para a crise existente no processo educacional, mas é uma possibilidade de superação desta crise pois possui muitas vantagens, podendo: deixar as aulas de Ciências mais confrontadoras e

reflexivas, favorecendo a construção do pensamento crítico; humanizar as Ciências aproximando-as dos interesses culturais da sociedade; acabar com a visão de que a Ciência é uma construção linear; contribuir para um entendimento mais significativo de ciências, ou seja, superar o “decoreba” de fórmulas e equações sem que o aluno saiba o verdadeiro significado; aprimorar a formação do professor auxiliando-o no desenvolvimento de uma metodologia de ensino mais rica e eficiente.

Apesar das vantagens da inclusão da História da Ciência nos currículos de Ciências, sua mera inclusão como um outro item a ser estudado não produz os resultados desejados para melhorar o processo ensino-aprendizagem. De acordo com Bassalo (1992), há duas metodologias para se falar sobre a história da Ciência: internalista e externalista. A história da Ciência sob o ponto de vista internalista, relata a revolução e o progresso natural da Ciência considerando apenas as suas dificuldades intrínsecas, enquanto que na visão externalista (como o próprio nome diz) mostra que o crescimento da Ciência depende das estruturas sociais, políticas, culturais e econômicas de uma sociedade. Acreditamos que o ensino de ciências com o auxílio de história no nível básico, não é significativo se for ensinado sob o ponto de vista internalista, pois isto interessa exclusivamente os cientistas e nem todos os alunos possuem gosto pelo estudo em Ciências. Já quando o ensino é feito sob a perspectiva externalista, a aula acaba se tornando mais reflexiva e gera um ensino mais significativo.

História da Ciência nos currículos em diferentes épocas

Segundo Freire Jr.(2002), após a segunda guerra mundial houve um direcionamento da educação para a formação científica gerando um desenvolvimento não-linear no uso da História da Ciência no ensino. De acordo com Nardi (2007), esse direcionamento à formação científica foi reforçado no período da guerra fria, pois os soviéticos lançaram o satélite artificial Sputnik causando uma impressão de inferioridade no desenvolvimento científico dos Estados Unidos e seus aliados. Para não ficar atrás, em 1950, os currículos escolares foram alterados com foco no ensino de Ciências e Matemática, deixando de lado a História e Filosofia da Ciência. Nesta época, surgiram também vários programas que visavam gerar recursos humanos para acelerar o desenvolvimento científico dos países capitalistas.

Como a intenção era aproximar o ensino de Ciências ao trabalho do cientista, os projetos de ensino não contaram com a participação de filósofos e historiadores da Ciência e a ênfase nos projetos era o uso da experimentação por um método indutivista. O trabalho de

Jaffe (1938) criticava os experimentos comparando os com “receitas de bolo”, pois os experimentos não manifestavam o contexto das descobertas científicas, fazendo com que os alunos não compreendessem que a Ciência é feita por humanos e o quão confrontante ela é.

Esse período em que houve uma grande ênfase no ensino tecnicista foi caracterizado por Mortimer (1995) como prejudicial por gerar má influência na preparação dos materiais didáticos. Em busca da objetividade, os livros de Química não precisavam de dados que fossem além do trivial para o treinamento dos alunos. Eles tinham que alcançar os objetivos determinados pelo sistema. Devido a isso, os livros possuíam inúmeras questões de múltipla escolha e o conteúdo de Química bastante simplificado. Mortimer descreve que nos primeiros livros didáticos brasileiros estavam presentes textos bem elaborados que iniciavam os conceitos por meio de exemplos e havia assuntos relacionados à Filosofia da Ciência. Em contrapartida, os livros produzidos na década de 1970 possuíam os assuntos resumidos, com gráficos, tabelas e caixas de texto em destaque levando os alunos a memorização dos conceitos.

Este destaque exclusivo aos conceitos químicos, revela o aspecto a-histórico dos livros didáticos desta época e leva os alunos a crerem que a Ciência é simplesmente um aglomerado de verdades, deixando de lado seu caráter principal que são as hipóteses, tentativas e muitas vezes erros.

Martins (1990) afirma que a inclusão da história da ciência no ensino é principalmente uma questão de valores. A escolha da metodologia depende da maneira que cada educador compreende o mundo. Além da questão de valores, os que são a favor da história da ciência nos currículos defendem intrinsecamente uma educação contextualista, ou seja, uma educação em que o ensino seja realizado em seus diversos contextos (MATTHEWS, 1995).

A escola tem passado por muitas mudanças desde o período da guerra fria. Atualmente, a atividade mecânica é menos importante do que na década de 1970 e hoje em dia o trabalho criativo, em grupo e colaborativo estão sendo mais valorizados. Diante disso, o documento que traça as Diretrizes Curriculares no Brasil passou a agregar indicações diretas ao uso da História da Ciência no ensino. No *PCN+ Ensino Médio – Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais* (Brasil, 2002) observamos que para atender as novas exigências que essas mudanças trouxeram ao Brasil, algumas competências e habilidades precisam ser desenvolvidas nos alunos e a história da ciência contribui decisivamente para isso:

É fundamental que se mostre através da história, as transformações das ideias sobre a constituição da matéria, contextualizando-as. A simples cronologia sobre essas ideias, como é geralmente apresentada no ensino, é insuficiente, pois pode dar uma ideia equivocada da ciência e da atividade científica, segundo a qual a ciência se desenvolve de maneira neutra, objetiva e sem conflitos, graças a descobertas de cientistas isoladas do contexto social, econômico ou político da época (BRASIL, 2002, p. 96).

De acordo com Pereira (2008), os PCNEM e os PCNEM+ estão suscetíveis a muitas críticas, mas a visão da História da Ciência encontrada em seu texto é coerente com a Epistemologia da Ciência. Além do uso da História da Ciência, os PCNEM também orientam que se esclareça ao aluno as relações entre ciência, tecnologia e sociedade em diversos trechos.

Dáí então, pode-se concluir que apesar de nos PCNEM não existir uma defesa clara de qual a melhor abordagem de se empregar a História da Ciência, entendemos que implicitamente abre-se lugar para o enfoque na perspectiva externalista. Pessoa Jr. (1996) explica que no emprego da história externalista, o educador mostra como era e vivia a comunidade na ocasião em que foi desenvolvida uma teoria, quais eram as urgências tecnológicas, quais eram as dificuldades etc. A perspectiva externalista tem grande contribuição, por levar o aluno a entender porque foi tomada determinadas decisões por cientistas visto o contexto que o cercava.

A História da Ciência sendo ensinada na perspectiva citada, mostra ser contrária à visão de uma história com grandes gênios (FLÔR; SOUZA, 2006). Infelizmente, este é um atributo muito marcante nos materiais didáticos. Neles encontramos apenas o nome dos “grandes cientistas” e seus feitos. O PCNEM se posiciona contra esta visão defendendo que se ensine a ciência como uma construção coletiva.

Orientações a respeito da História da Ciência no ensino encontradas nos PCNEM estão de acordo com documentos americanos referentes à reformas curriculares. Segundo Wang e Marsh² (2002) citado por Pereira (2008), existem duas tendências ideológicas nestes documentos. A primeira faz referência ao aluno enquanto pessoa fornecendo-lhe habilidades para ampliar seus próprios interesses. Além disto, a história da ciência propicia ao estudante a oportunidade de enriquecimento cultural. A segunda tendência diz respeito à importância do ensino de ciência para a sociedade.

² WANG, A. e MARSH, D. D. Science Instruction with humanistic twist: teachers' perception and practice in using the history of science in their classrooms. *Science & Education*. n. 11, p. 169-189, 2002.

Pode se perceber que a história da ciência é bem defendida e possui muitas recomendações no PCNEM. Cabe aos professores conhecerem e aplicarem o que é recomendado em relação ao ensino com o uso da História da Ciência no PCNEM na busca de um ensino mais produtivo.

Sugestões para o uso da História da Ciência

No início do capítulo foram apresentadas diversas vantagens apontadas por Matthews (1995) em relação ao uso da História da Ciência no ensino. Neste momento, iremos detalhar cada ponto baseado no mesmo artigo deste autor que fez uma ampla revisão referente à relação entre a História, Filosofia da Ciência e educação apontando suas contribuições e os argumentos contrários levantado por alguns cientistas.

- 1) A história pode contribuir para um entendimento mais significativo de ciências.

A História da Ciência melhora a apresentação do conhecimento científico pois provê dados que auxiliem a justificar algumas considerações, leis e teorias. Para complementar este enriquecimento que a História da Ciência propicia, o estudante pode compreender que os conceitos são produtos de um processo, ou seja, eles não surgiram porque o cientista que a formulou era um “super-gênio”. Lecionar um conceito sem explicar o contexto do processo gera um ensino baseado em “decorebas” e este ensino não forma cidadãos críticos, mas sim alunos “adestrados”. (Pereira, 2008)

- 2) A História da Ciência é motivadora.

Quando os alunos estudam importantes acontecimentos da história que envolvem conhecimentos da ciência, eles acabam sendo impulsionados a pesquisar mais sobre o conhecimento científico que transformou e revolucionou a comunidade de determinada época e que interfere em sua vida por trazer maior conforto. Dentre estes eventos, podemos citar a invenção da bússola magnética pelos chineses, da pilha elétrica pelo italiano Alessandro Volta, a invenção da lâmpada por James Bowman Lindsay, da fotografia pelos franceses, dentre muitos outros.

- 3) A história é imprescindível para se compreender a natureza da Ciência.

Os alunos não conseguem entender a maneira que a Ciência percebe o mundo. Uma grande parte deles, e até mesmo professores, pensam que as hipóteses, leis e teorias procedem

de uma interpretação puramente empirista dos fatos se esquecendo que os cientistas levam em consideração os conceitos já existentes. Desta forma, ponderam o conhecimento científico como representação real e evidente do mundo e não que a Ciência é uma construção mental para tentar explicar o que se é observado.

Matthews (1995) defende que mostrar controvérsias entre cientistas ao lecionar, pode ajudar os alunos a entenderem que a Ciência trabalha com idealizações do mundo real. Para exemplificar isto, Matthews usa a lei do isocronismo do pêndulo. O eminente construtor de máquinas e patrono de Galileu, Del Monte, não acreditava que pêndulos feitos com diferentes materiais teriam o mesmo período de oscilação. Como Galileu havia deduzido tal lei matematicamente, ele defendia que ela seria satisfeita somente em condições ideais, ou seja, desprezando a resistência do ar, considerando que não há perdas de energia etc. Del Monte não se convenceu com as explicações de Galileu por defender que a matemática precisaria descrever o mundo tal qual ele entendia.

4) A história contraria o cientificismo encontrado nos livros.

Atualmente, a sociedade acredita que a Ciência é a solução para todos os problemas existentes no universo. O ensino tradicional, que expõe o conhecimento científico como produto pronto e finalizado, intensifica esta ideologia. O processo de produção científica é excluído das aulas e os problemas encarados pelos cientistas são omitidos.

Apoiado em Morais³ (2002), Pereira (2008) cita que é sempre importante mostrar ao estudante que como a Ciência é produzida por seres humanos ela é caracterizada por pontos positivos e negativos. Chassot (1998) também defende que não podemos nos iludir que a química só nos traz benefícios, ela pode ser também uma “vilã”. Essas duas imagens devem existir sempre em uma aula de Ciências.

Quando o aluno conhece a natureza da Ciência eles possuem um pensamento crítico mais aguçado. Porém, para que o aluno conheça a natureza da Ciência é necessário que os professores superem visões alienadas através de um trabalho mais reflexivo. A História da Ciência pode ajudar nesta superação provendo exemplos que contrariam estas visões assumidas por professores e alunos, induzindo-os a refletirem sobre elas.

5) A história contribui para a interdisciplinaridade.

O fracionamento do conhecimento, que é algo característico do ensino atual, pode ser superado com o auxílio da História da Ciência. Existem muitas situações em que a origem das

³ MORAIS, R. *Filosofia da Ciência e da Tecnologia*. Campinas: Papirus. 2002.

dificuldades que motivaram o desenvolvimento de certas áreas de pesquisa, originaram-se em campos distintos do saber ou em circunstâncias do dia a dia. Temos como exemplo o estudo das pilhas, que teve origem nos trabalhos do fisiologista Galvani a respeito da eletricidades no corpo de animais.

Por fim, compreendemos que os documentos oficiais recomendam o uso da História da Ciência no ensino e que estas recomendações são consequência direta das modificações que a sociedade sofreu. A educação defendida nestes documentos reconhece a Ciência como elemento cultural e como um saber essencial para a formação de cidadãos. O bom professor de Ciências deve entender o quão importante é aprender, pois é essencial que ele saiba como é constituído o conhecimento científico e quais são suas diferenças dos saberes populares.

Embora a História da Ciência seja importante no processo ensino-aprendizagem, não podemos abandonar o campo fenomenológico dos processos químicos. Defendemos que o uso da história da ciência se torna mais eficiente quando está relacionada com o uso de experimentos em sala de aula. Sendo assim, abordaremos a experimentação no ensino de ciências no capítulo seguinte.

CAPÍTULO 2 – A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS

A defesa do uso da experimentação no ensino de ciências é feita por diversos autores que acreditam que ela é uma respeitável ferramenta que auxilia na apropriação do conhecimento por parte dos alunos (FERREIRA; HARTWIG; OLIVEIRA, 2010). As contribuições das atividades experimentais no ensino são admitidas por filósofos desde o século XVIII, no entanto, somente no fim do século XIX, houve a inclusão da experimentação nos currículos de Ciências em alguns países. Em meados do século XX, a experimentação concretizou-se como um apoio pedagógico no ensino (SILVA; MACHADO; TUNES, 2010).

No Brasil, o destaque dado ao trabalho de laboratório no ensino de Ciências no século XIX, foi resposta à necessidade do contexto socioeconômico de Portugal. Como este país possuía várias colônias das quais extraía muitos produtos (tanto de origem mineral, como de origem vegetal), era necessário um conhecimento técnico para sua obtenção (PEREIRA, 2008). Chassot (1998) analisou as recomendações enunciadas pelo Conde da Barca em 1817 e através delas, percebeu uma proposição clara de uma abordagem utilitarista, ou seja, uma abordagem que associava os conhecimentos práticos com a teoria. Nesta época, os professores ensinavam os conhecimentos teóricos relacionados à exploração de minas, produção de metais etc.

De acordo com Silva, Machado e Tunes (2010), os órgãos oficiais brasileiros recomendaram no início do século XX que todas as instituições de ensino dispusessem de laboratórios equipados para as aulas de Ciências. Na década de 1930, o ensino passou a valorizar o fazer por parte do aluno. Esta valorização foi consequência do Movimento da Escola Nova que tinha como base a proposta do educador americano John Dewey. Para ele, o ensino deveria estar interligado ao contexto do aluno, na tentativa de conectar as experiências do dia-a-dia com o pensamento reflexivo. Para isso, a escola deveria substituir as tradicionais aulas conteudistas, por uma metodologia, com que as atividades experimentais ganhassem espaço. Apesar de suas qualidades, o Movimento da Escola Nova também possui defeitos. A grande desvantagem da Escola Nova o abandono total dos conteúdos tradicionais e não exigir nada dos alunos, aceitando apenas o que eles pensam sem intervir com o conhecimento científico, o que torna o professor desnecessário em sala de aula.

Silva, Machado e Tunes (2010) relatam que a partir de 1946 tornaram a aparecer as primeiras tentativas de mudanças no ensino de ciências brasileiro. Dentre estas tentativas, houve a criação do Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura (Ibccc), que adaptava materiais que vinham dos Estados Unidos e produzia novos materiais para o ensino de ciências; Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências (Funbec), que comercializava os materiais feitos pelo Ibccc; e Programa de Expansão e Melhoria do Ensino de Ciências (Premen) que produzia materiais didáticos voltado para o aperfeiçoamento da formação de professores. Estes três programas duraram até o fim da década de 1970.

Outros fatos históricos bastante relevantes na experimentação foram o desenvolvimento de grandes projetos que visavam a melhoria no ensino de Ciências nos Estados Unidos e na Inglaterra na década de 1950, que influenciou diretamente na produção de materiais didáticos brasileiros. O período entre a década de 60 e 70 foi marcado também pela criação de vários centros de Ciências em determinados estados brasileiros. Nestes centros eram realizados cursos, preparação de materiais de laboratórios, dentre outras diversas atividades. (SILVA; MACHADO; TUNES, 2010).

Apesar de haver muitos programas nas décadas passadas que tinham como foco as atividades experimentais, hoje em dia não existe nenhum programa institucional que tenha como objetivo principal a experimentação no ensino. Entretanto, os programas atuais, tais como Programa Nacional do Livro Didático - PNLD, Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à docência - PIBID e cursos para formação continuada de professores de ensino fundamental e médio, procuram uma melhoria geral no sistema de ensino brasileiro.

O Uso da Experimentação no Ensino

Antes de se falar do uso da experimentação no ensino de Ciências é importante que se compreenda que as teorias científicas são elaboradas para explicar acontecimentos do mundo real. Infelizmente não é raro encontrar professores que pensam que a atividade experimental tem a função de concretizar para os alunos os conceitos teóricos, e que por isso, a aprendizagem seria facilitada.

Quando os alunos fazem um experimento e observam os fenômenos, surge o momento em que o fenômeno precisa ser explicado. Para isso, geralmente tomamos como base uma teoria. Quando usamos uma teoria para explicar um fenômeno não quer dizer que estamos provando que esta teoria é verdadeira, mas sim testando sua capacidade de generalização.

Quanto maior o número de fenômenos que uma teoria consegue explicar, maior é seu grau de generalização (SILVA; MACHADO; TUNES, 2010).

As atividades experimentais simplesmente comprobatórias e com roteiros prontos são insuficientes para se alcançar a verdadeira relação entre o conhecimento teórico e o mundo concreto. A transformação de uma experiência que “comprova teorias”, em uma investigativa possui muitas dificuldades, mas a possibilidade de gerar uma aprendizagem significativa é bem maior.

Herman⁴(1999) e Volkmann e Abel⁵(2003) citado por Ferreira e colaboradores (2010) indicam algumas orientações para a reflexão do professor ao montar uma aula experimental: a) é direcionada a partir de um problema ou uma situação-problema relevante? b) envolve os alunos em formulação e testagem de hipótese(s) experimental(is)? c) propicia a coleta e o registro de dados pelos próprios alunos? d) encoraja os alunos a formularem explicações a partir das evidências? e) proporciona aos alunos compararem suas explicações com diversas alternativas? f) propicia aos alunos oportunidade de discutir suas ideias com os colegas por meio da mediação docente? As respostas afirmativas caracterizam uma abordagem com característica investigativa. Para melhor compreensão dos argumentos apontados pelos autores, discutiremos cada um:

a) Quando o experimento é direcionado por um problema, os alunos são motivados a participar da aula e a partir daí o professor consegue identificar as concepções prévias dos estudantes e ensinar conforme seus conhecimentos. De acordo com Guimarães (2009), “*a aprendizagem significativa ocorre quando uma nova informação ancora-se a conceitos relevantes preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz.*” Ao trabalhar com problemas do cotidiano do aluno, a aprendizagem será maior porque não são problemas propostos pelo livro que serão trabalhados em sala de aula, mas sim a realidade do ator do aprender.

b) Quando os alunos formulam e testam hipóteses experimentais conseqüentemente ocorre o desenvolvimento de habilidades cognitivas. Assim como foi dito na questão (a), no momento em que os alunos formulam suas hipóteses, o professor consegue identificar as concepções prévias e as levam em consideração ao introduzir a interpretação microscópica.

c) A coleta e o registro de dados pelos próprios alunos é importante para análise posterior. Após uma sistematização dos dados em gráficos ou tabelas, pode ser realizado uma

⁴ HERMAN, C. Inserting an investigative dimension into laboratory courses. *Journal of Chemical Education*, 75 (1), 70-71, 1999.

⁵ VOLKMANN, M. J. e ABEL, S. K. Rethinking laboratories. *The Science Teacher*, September, p. 38-41, 2003.

discussão em torno dos mesmos, e os próprios alunos observarão se eles são pertinentes ou não para responder à questão proposta no início do experimento. Nesta etapa, os alunos desenvolvem a linguagem científica, logo a necessidade de intervenção do professor é fundamental para que se estabeleça a relação teoria-experimento.

d) É importante que o experimento não tenha uma resposta pronta para fazer com que os alunos formulem suas hipóteses, mas não é bom trabalhar com experimentos muito difíceis que não se possa resolvê-los, pois assim, os alunos não serão encorajados a formularem explicações a partir das evidências.

e) Quando o experimento motiva e proporciona ao aluno à comparação de sua explicação com outras alternativas, ele aprenderá muito mais por ter que pesquisar bastante.

f) Quando o experimento oportuniza a discussão entre os colegas em sala, ele é extremamente rico, pois neste momento eles defendem suas hipóteses e ao fim, eles precisam chegar a um acordo para responderem o problema inicial proposto no experimento. Este momento favorece também a formação do senso crítico do estudante.

Para o uso da experimentação no ensino, é necessário que o professor compreenda que as atividades experimentais não são simplesmente aquelas realizadas no laboratório da escola ou em sala de aula, mas abrangem também as atividades realizadas pelos alunos na horta da escola, na cantina, no jardim, na sala de informática, e além dos espaços da escola, as atividades feitas em praças, parques, museus, comércios etc. Visitas à indústrias, estações de tratamento de água e esgoto, dentre outros, também podem se inserir nestas atividades. O interessante de se planejar uma atividade experimental que não seja na escola, é que ao realizar uma aula em espaços que fazem parte do dia-a-dia do aluno torna a aprendizagem mais significativa e, conseqüentemente a aula terá a inclusão de interdisciplinaridade e contextualização (SILVA; MACHADO; TUNES, 2010).

Vale ressaltar que embora não exista um programa focado exclusivamente na experimentação do ensino, em todos os documentos oficiais atuais (Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio - OCNEM, Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio - PCNEM e Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN+) existem a recomendação do uso da experimentação. Tomando como base estas recomendações e alguns eixos norteadores, Silva, Machado e Tunes (2010) apresentam sugestões de atividades experimentais:

1) Atividades Demonstrativas-Investigativas

As atividades demonstrativas-investigativas são aquelas em que o professor realiza experimentos durante a aula e a partir dele, introduz os conceitos científicos que se relacionem com os fenômenos observados. As vantagens desta atividade é a minimização da dissociação teoria e prática e a economia de tempo.

O professor deve tomar cuidado para não tornar o experimento uma prova de que a teoria funciona. Pelo contrário, ele deve conduzir o experimento instigando a curiosidade e participação dos alunos, com perguntas que gerem conflitos cognitivos em sala de aula e valorizando a contribuição das hipóteses de cada aluno. Desta forma, ele conseguirá levantar as concepções prévias dos alunos e considerá-las ao explicar os conceitos teóricos.

Machado e Mól (2010), alertam para que o professor se atente à segurança dos alunos e que optem por experimentos que não geram resíduos. Quando não for possível evitar os resíduos, que estes possam ser reaproveitados, descartados na pia ou no lixo comum, observando a legislação vigente.

Como já foi dito, a forma mais eficiente de se começar um experimento demonstrativo-investigativo é com uma pergunta que estimule a curiosidade do aluno. Após a observação macroscópica e os alunos formularem suas hipóteses, o professor pode dialogar com a turma lançando perguntas desafiadoras que os ajudará no exercício de argumentar, e esse diálogo contribuirá na reformulação de suas ideias prévias. Feito isso, é hora de se introduzir a expressão representacional que sintetizará o que foi estudado. Para concluir, o professor leva um texto com a inclusão interface ciência-tecnologia-sociedade (CTS) relacionado à prática experimental. As atividades demonstrativas-investigativas mostram que mesmo que a escola não possua laboratório, é possível valorizar a relação teoria-experimento nas aulas de Ciências.

2) *Experiências Investigativas*

Ao contrário das experiências investigativas-demonstrativas, para realizar as atividades investigativas, a escola necessita de um laboratório. Nesta atividade, os alunos buscam a solução de uma questão por meio de uma ou mais experiências. O experimento começa com uma pergunta que desafie os estudantes e em seguida, o professor solicita que eles proponham hipóteses para resolver o problema. Feito isso, o professor discute as hipóteses, e as que são possíveis de serem testadas no laboratório, os alunos as realizam.

Assim como na demonstrativa-investigativa, nestas experiências, o professor deve estimular a reformulação de ideias muito contraditórias ao que é aceito pelo conhecimento teórico através do diálogo. Logo após, os alunos experimentam o que foi planejado, sempre

sob a supervisão e orientação do professor, e anotam os dados para analisá-los. Ao analisar os dados coletados, o professor pode levantar uma discussão e conduzi-los à resposta do problema inicial através de muitos questionamentos.

3) *Simulações em Computadores*

Quando as experiências apresentam alta periculosidade, gastam muito tempo e possuem reagentes e materiais caros, não é aconselhável que se realize no laboratório, todavia, pode-se usar como alternativa a simulação destes experimentos em computadores. Existem diversos sites e softwares gratuitos que trazem esses benefícios aos professores. Para se obter bons resultados na aprendizagem, é recomendado que se trabalhe com uma perspectiva investigativa.

4) *Exibição de Vídeos e Filmes*

Uma outra forma de se ensinar processos que ocorrem em uma realidade distante dos alunos é a exibição de vídeos e filmes. Essa abordagem é muito rica por possuir a oportunidade de contextualizar e trabalhar com a interdisciplinaridade. Outra vantagem da exibição de filmes e vídeos é a possibilidade de se acompanhar e assistir passo a passo de um longo processo, como por exemplo aos relacionados ao meio ambiente. Além disso, a aprendizagem pode ser ainda maior pois além de ouvir o que o professor fala, ele utiliza mais um de seus sentidos: a visão.

É importante o professor saber que a exibição do vídeo não gerará uma aprendizagem significativa se ele o exibir sem nenhum planejamento ou simplesmente por diversão. Ele precisa propor questões antes do vídeo, planejar interrupções em alguns momentos para comentar algo, destacar os pontos principais e promover um debate ao fim para responder as questões propostas antes do filme.

5) *Visitas planejadas*

As visitas planejadas a empresas, indústrias, comércios, museus etc. são extremamente ricas quando tem suas atividades relacionadas aos conceitos ensinados em sala de aula. No entanto, assim como foi salientado na exibição de filmes, estas visitas não podem se tornar um mero passeio, o professor deve planejar e orientar as atividades dos alunos durante a visita. Para isso, é necessário que o professor conheça o local a ser visitado para elaborar um questionário que orientará os alunos a observarem alguns pontos importantes. Quando a turma é dividida em grupos, o acompanhamento dos processos e as observações feitas pelos alunos,

serão mais eficientes. Ao voltar para a escola, o professor levantará um debate acerca da visita e retomará ao questionário proposto por ele.

Dificuldades na Inclusão da Experimentação no Ensino

Hodson⁶ citado por Pereira (2008) afirma que apesar de as atividades experimentais tomarem muito tempo no laboratório, pouco tempo é dedicado realmente para a compreensão do objetivo que o professor havia planejado. É frustrante perceber que os alunos não se atentam a tarefas de reflexão anteriores ao experimento, e com isso a atividade desenvolvida perde muito do seu valor pedagógico pois os estudantes não entendem o que fazem e nem os objetivos do experimento (PEREIRA, 2008).

Esta é uma das muitas dificuldades encontradas pelos professores, no entanto, não podemos desanimar visto tamanhos benefícios que a experimentação traz ao ensino de Química. Compreendemos que apesar das dificuldades que o professor enfrentará quando propor uma atividade experimental, os resultados de aprendizagem sobressairão a esses obstáculos, pois neste capítulo vimos as muitas contribuições que as experiências em uma perspectiva investigativa trazem aos alunos.

Após relatar algumas vantagens da inclusão da História da Ciência e da Experimentação no ensino, conheceremos sobre a vida de uma eminente cientista do século XX: Marie Curie. Apesar de muitos não saberem, ela ensinou ciências a um grupo de crianças em 1907 e uma das estratégias mais usadas em suas aulas era a experimentação. Antes de conhecermos um pouco de suas contribuições ao ensino, veremos primeiro um pouco de sua biografia e seus marcos na ciência.

⁶ HODSON, D. Hacia um trabalho más crítico del trabalho de laboratório. Enseñanza de las ciencias. v. 12, n. 3, p. 299-313, 1994.

CAPÍTULO 3 – CONTRIBUIÇÕES CIENTÍFICAS DO TRABALHO DE MARIE CURIE

Marie Sklodowska Curie (1867-1934) é uma importante cientista da história, por ter sido uma excelente pesquisadora em um período que as universidades possuíam em sua maioria homens.

Marie nasceu em Varsóvia na Polônia. Seus pais eram intelectuais não muito apreciados pelo comando russo. Seu pai, Wladyslaw, era professor de física e matemática em uma escola secundária e sua mãe, Bronislawa, era dona de uma pensão privada para mulheres. Alguns anos depois do nascimento de Marie, sua mãe teve que abandonar a vida profissional por estar muito doente. Em 1876, a primogênita da família faleceu e a mãe de Marie faleceu dois anos depois (WEILL, 2007).

Após a morte de sua mãe, Marie e sua família se mudaram várias vezes devido o pai dela ser impedido de ter posições lucrativas no magistério por questões políticas. Para resolver este problema, o professor Sklodowski começou a receber pensionistas em sua casa. Neste período, Marie teve que ceder seu quarto, dormir na sala e ajudar na limpeza e arrumação da pensão. Em 1883, ela teve problemas de saúde e passou um ano morando com seu tio no campo.

Ao retornar para sua casa, Marie começou a dar aulas para ganhar dinheiro. Era adepta aos movimentos clandestinos que apoiavam o positivismo polonês, gostava de ler poemas originais de franceses, alemães e poloneses e ela até tentou escrever poesias.

Para ajudar sua irmã a estudar em Paris, em 1886, ela se tornou governanta em uma cidade próxima a Varsóvia. Enterneçada com a pobreza e miséria das crianças camponesas, Marie dava aulas para eles após seu horário de trabalho. Neste período, ela aproveitou para ler muito livros científicos da biblioteca da casa.

Três anos depois, ela volta a Varsóvia e continua o trabalho como governanta em outra casa. Em suas horas vagas, ela dividia seu tempo entre a família, a universidade “volante” e a química. Seu primo Boguski, que tinha sido assistente de Mendeleev e era diretor de um laboratório, a confiou a Napoleon Milcer, que tinha estudado com Bunsen.

Depois de formada, sua irmã se tornou uma médica e continuou morando em Paris, pois se casou com um parisiense. Bronia e seu esposo convidaram Marie para que ela fosse morar com eles. Inicialmente, ela recusou, mas depois decidiu partir para Paris. Chegando lá, Marie preferiu morar sozinha. Logo recebeu uma bolsa e passou na licence em física e matemática. Devido seu talento e dedicação, Gabriel Lippmann franqueou o seu laboratório a ela (WEILL, 2007).

Em 1894, Marie conheceu Pierre Curie na casa de um físico polonês chamado Kowalski. Pierre foi seu orientador na primeira dissertação de seu trabalho experimental “Sobre as propriedades magnéticas dos aços temperados” que Le Chatelier havia pedido que ela escrevesse. Após a apresentação da tese de Pierre, em 1895, eles se casaram. Tiveram duas filhas: Irène, nascida em 1897, e Eve, nascida em 1904

Marie ficou em primeiro lugar na agrégation em física para mulheres no ano de 1896. Na busca de uma tese e surpresa pelas descobertas de Röntgen e Becquerel, Marie considerou investigar outras substâncias que exibiam as mesmas propriedades do urânio. Para verificar se existiam outras substâncias que emitiam radiação, Marie usou um aparelho que Pierre e seu irmão tinham construído para medir correntes fracas.

Os primeiros resultados surgiram em 1898. Marie concluiu que o Tório era “radioativo” (este termo foi designado por Marie Curie). Em seus dados, ela observou também que dois minérios de urânio eram mais radioativos do que o urânio isolado. Analisando isso, Marie acreditava que neste minério poderia conter um elemento mais ativo do que o urânio.

Com o andamento da pesquisa de Marie, Pierre decidiu abandonar sua própria pesquisa temporariamente. O minério de urânio que era mais ativo do que o urânio isolado, pitchblenda, era de três a quatro vezes mais radioativa do que o urânio. Após tratamento apropriado, o produto obtido era um metal ainda não conhecido, semelhante ao bismuto. Eles nomearam este metal de Polônio devido à terra natal de Marie.

Pouco tempo depois de descobrirem o Polônio, o casal Curie anunciou que haviam encontrado outra substância radioativa totalmente diferente de Polônio, essa substância tinha propriedades semelhantes às de Bário. Eles nomearam esse novo metal de Rádio devido sua intensa radiação (WEILL, 2007)

Depois disto, a pesquisa se diversificou. Pierre começou a estudar as radiações e Marie tentou isolar o Polônio e determinar a massa atômica do Rádio. Em 1902, Marie conseguiu isolar um decigrama de Rádio puro e, com bastante dificuldade, determinou sua massa

atômica. Devido a isso, ela ganhou a medalha Berthelot da Academia de Ciências e o prêmio Gegner, pela terceira vez.

Devido as dificuldades financeiras, Marie antes de defender sua tese, aceitou ser professora de física na École Normale Supérieure. Ela foi a primeira mulher a lecionar nesta escola, e suas aulas costumavam agradar os alunos.

O reconhecimento internacional do trabalho do casal Curie veio em 1903. Em 5 de novembro, eles ganharam da Royal Society a medalha Humphry Davy. Em 12 de dezembro, lhes foi outorgado o prêmio Nobel de Física juntamente com Becquerel, pela descoberta da radioatividade. Muitas outras honrarias foram concedidas ao casal, dentre elas a medalha Elliott Cresson.

Em 1904, um mês antes de sua filha caçula nascer, Marie foi nomeada assistente de Pierre na Faculdade de Ciências, onde ela já trabalhava há bastante tempo sem remuneração. Em 1906, Pierre morre e Marie apesar do luto continuou se dedicando às filhas e ao trabalho. O Ministério da Educação Pública pensou em oferecer-lhe uma pensão, como fizeram com a viúva de Pasteur, mas ela recusou, pois afirmava que se ainda podia trabalhar, não havia motivos para se privar disto. Maravilhados com esta atitude, o conselho da Faculdade de Ciências decidiu manter a cátedra de Física criada por Pierre em 1904 e concedê-la a Marie. Ela foi a primeira mulher a ensinar na Sorbonne. (WEILL, 2007)

Em 1911, o prêmio Nobel de Química foi concedido à Marie Curie pelo descobrimento dos elementos Rádio e Polônio. Esta foi a primeira vez que o mesmo cientista recebeu o prêmio duas vezes. A maior parte do dinheiro do prêmio foi para a pesquisa e seus amigos. Em 1913, Marie inaugurou o pavilhão de Radioatividade em Varsóvia. Em 1914, ela se tornou membro do Conselho do Instituto do Rádio.

A filha mais velha de Marie, Irène, se tornou sua primeira assistente experimental. Juntas, elas criaram cursos em Radiologia para enfermeiros e ensinou aos médicos os novos métodos de encontrar objetos desconhecidos no corpo humano. Algum tempo depois, ela escreveu “A radiologia e a guerra” a partir de suas anotações no período da Primeira Guerra Mundial.

A saúde de Marie Curie se deteriorava a cada dia que se passava. Ela se irritava quando os médicos pediam que ela se afastasse do trabalho. Quando houve a comemoração dos 25 anos de descoberta do Rádio, ela estava fazendo algumas cirurgias de catarata. Em 1932, algumas feridas e lesões apareceram em seus dedos, devido o manuseio de Rádio e

outros muitos elementos radioativos. Em 1934, Marie foi pra uma casa de saúde e depois foi levada para um sanatório. Neste mesmo ano ela faleceu em Paris (WEILL, 2007)

Após conhecermos as contribuições de Marie Curie para a Ciência, detalharemos um pouco de sua vida docente no próximo capítulo, baseada em notas de aula de uma de suas alunas da cooperativa. Marie traz uma proposta de ensino que acreditamos ser muito eficiente como veremos a seguir.

CAPÍTULO 4 – SOBRE O LIVRO “AULAS DE MARIE CURIE”

Nesse capítulo relataremos sobre o livro “Aulas de Marie Curie” que foi traduzido por Waldyr Muniz Oliva pela editora EDUSP. Nesta obra encontramos as anotações de algumas aulas de física entre janeiro e novembro de 1907 por uma aluna de Marie Curie: Isabelle Chavannes. Neste ano, Marie Curie destinou-se a ensinar física elementar a um grupo de crianças com faixa etária de sete a treze anos de idade em seu laboratório na Sorbonne em Paris.

Após encontrar por acaso as anotações de sua tia-avó, Rémi Langevin resolveu publicá-las na França. Ao lermos a obra, percebemos o seu grande valor histórico e nos encantamos com a forma com que Marie Curie ensinava Física às crianças. Antes de detalharmos a obra, falaremos um pouco sobre a vida de Marie Curie como educadora.

Sobre a “Cooperativa”

Marie Curie e alguns colegas (tais como Paul Langevin e Jean Perrin) se reuniram e decidiram dar aulas sobre as principais matérias para proporcionarem um ensino de qualidade para seus filhos. Esse grupo foi chamado de cooperativa. Estas aulas eram realizadas nos laboratórios ou nos ambientes de trabalho de cada um. A experiência durou apenas dois anos (1907-1908), pois Marie e seus colegas estavam assoberbados de trabalho.

Para o ensino de Ciências, eles se esforçaram em basear a aprendizagem através da realização de experimentos pelos próprios alunos. Por essa e outras qualidades, a cooperativa foi muito importante para a formação das crianças que participaram. Irène-Joliot Curie, filha de Marie Curie e ganhadora do Prêmio Nobel de 1935, sempre destacava o papel da cooperativa no despertar de sua vocação científica. Ève Labouisse-Curie também falou sobre a cooperativa quando escreveu a biografia de sua mãe em 1937.

Predicados das Aulas de Marie Curie

O livro com as anotações de Isabelle Chavannes nos proporciona o prazer de conhecer um pouco mais da personalidade de Marie Curie. Ela tornou a prática experimental em ciências compreensível para meninos de 7 a 13 anos de idade, pois os experimentos que ela realizava, fazia parte do cotidiano, eram de fácil realização e riquíssimo em conhecimentos.

No trabalho de Derossi e Reis (2012), elas citam uma parte do livro⁷ da filha de Marie Curie no qual ela apresenta o trecho de uma carta que sua mãe escreveu à prima Henriette contando o regozijo de ter um maior número de alunos:

O número dos meus alunos camponeses já sobe a dezoito. Naturalmente que não comparecem todos diariamente, mas mesmo assim, absorvem-me duas horas por dia. Quartas e sábados retenho-os mais tempo – até cinco horas seguidas. Isto me é possível porque meu quarto fica no primeiro andar e há uma entrada autônoma para a escadaria do pátio – e assim, como esse trabalho não atrapalha as minhas obrigações, tudo se arruma. Grandes alegrias e consolações recebo destes meninos. (Marie Curie. *apud* Curie¹, 1938)

Através deste trecho podemos perceber o quanto ela gostava de lecionar. Talvez o fator de ela se dedicar ao ensino, seja porque ela teve que estudar sozinha para entrar na universidade e sentia dificuldades por não ter laboratório para trabalhar. Quinn⁸ citado por Derossi e Reis (2012) mostra em seu livro um trecho de uma carta em que Curie escreve ao seu irmão queixando-se de estudar somente pelo livro: “Estou aprendendo Química em um livro. Você pode imaginar quão pouco tiro disso, mas que posso fazer se não tenho lugar para fazer experiências nem trabalho prático?”

Precedentemente às aulas na cooperativa, Marie teve outros trabalhos como educadora. Antes de entrar na universidade ela foi preceptora no interior da Polônia. Em 1900, foi a primeira mulher a participar do corpo docente da escola de Sèvres, escola pública secundária para meninas. Ao iniciar sua carreira docente, observa-se que ela considerava extremamente importante a experimentação no ensino. Pela anotação de uma aluna da escola de Sèvres percebemos o quanto a visão de ciências das alunas mudaram através das aulas experimentais de Marie:

Até chegarmos a Sèvres pensava que a física fosse inteiramente aprendida nos livros, onde encontrávamos fotos dos aparelhos usados para estabelecer a lei que estudávamos. (FEYTIS, Eugénie *apud* QUINN², 1997, p. 234)

⁷ CURIE, Ève Denise. **Madame Curie**. Tradução de Monteiro Lobato. 1ª edição. 1938. 337 p.

⁸ QUINN, Susan. **Marie Curie: uma vida**. Tradução de Sonia Coutinho. São Paulo: Ed. Scipione Cultural, 1997. 526 p. Título original: Marie Curie: a life.

Além de realizar aulas experimentais com frequência, Marie produzia o próprio material usado e levou suas alunas para o laboratório onde ela e seu marido trabalhavam. Nesta visita ao laboratório, Pierre realizou uma série de demonstrações para as meninas e elas ficaram encantadas. (DEROSSY; REIS, 2012)

Avançando para as aulas na cooperativa, segundo as anotações de sua aluna Isabelle, verificamos quão rica era a forma que Marie conduzia a aula. Ao iniciar a aula, ela sempre introduz uma pergunta que desperte a curiosidade dos alunos. Em seguida, eles procuram as respostas através da experimentação, da observação e reflexão. De forma dialógica e divertida, ela sempre os conduzem a raciocinarem e formularem hipóteses.

Na página 54 do livro de Chavannes(2007), ela realiza um simples experimento sobre vasos comunicantes que possibilita o aluno entender como a água chega às torneiras de nossas casas. Marie colocou um pouco de pó fluorescente em água e junto com os alunos, colocou esta solução em vasos comunicantes de formatos diferentes. Feito isto, “Marie abaixa bastante o tubo estreito e a água, que quer atingir o mesmo nível tanto no tubo estreito quanto no afunilado, escapa pela ponta do tubo estreito formando um belo jato de água verde.” (p. 54). Ao finalizar o experimento, Marie explica aos alunos que a água sai pelas nossas torneiras, pois o cano se comunica com uma caixa d’água colocada muito no alto, logo os alunos compreendem que o cano e a caixa d’água são vasos comunicantes.

Embora esta aula tenha sido contextualizada, ela não a introduz com uma pergunta assim como a primeira aula do livro. Nesta aula, ela mostra uma garrafa para as crianças, diz que ela parece vazia e questiona: O que há lá dentro? Após a resposta uníssona dos alunos serem “Ar”, ela os confronta novamente perguntando: Como vocês podem saber que há alguma coisa dentro? Após o silêncio, ela propõe à turma: “Vamos tentar fazer entrar alguma coisa, água, por exemplo.”

Eles fecham a garrafa e a mergulham na água com o gargalo para cima. Um aluno a abriu e enquanto a água entra na garrafa, saem algumas bolhas. Os alunos verificam então que realmente há ar dentro da garrafa e explicam que o ar sai da garrafa porque ele é mais “leve” que a água. Em seguida, Marie propõe que eles coloquem a garrafa tampada com o gargalo para baixo e destampe-a novamente. Os alunos verificam que a água sobre somente um pouco e o ar que fica no fundo do recipiente não pode sair porque ficou preso.

Após estes experimentos, Marie pega uma garrafa com mercúrio, coloca com o gargalo para cima dentro da água e pede para que os alunos observem o que vai acontecer e pergunta: “O que vai acontecer se eu tirar a tampa?”. Alguns alunos arriscam que o mercúrio

irá para o fundo do recipiente. Ao destampar a garrafa, rapidamente o líquido desceu para o fundo da garrafa. Após pedir explicações, os alunos respondem que o mercúrio é mais pesado do que a água. Marie explica que é quase isso e os questiona: “Uma pequena gota de mercúrio é mais pesada do que uma garrafa cheia de água?” Convictos, os alunos dizem que não. Curie continua “Mas e se enchermos uma garrafa com água e outra com mercúrio, qual será a mais pesada?” Os alunos respondem: A que está com mercúrio”.

Após esta conversa, Curie explica aos alunos que o correto é dizer que um líquido pesa mais que o outro sob o mesmo volume. Ela fecha com o conceito científico de densidade explicando: “Ao invés de dizermos uma longa frase, dizemos: o mercúrio é mais denso do que a água”. Para que os alunos não desenvolvam a concepção de que densidade só é aplicada para líquidos, ela destaca que apesar de no experimento ter sido usado dois líquidos, esta não era uma condição única e conduzem os meninos a realizarem experimentos com a madeira e o chumbo.

Através destas aulas, compreendemos que com experimentos simples e com diálogo, a aula foi extremamente rica de conhecimentos, pois ela sempre faz questão que os alunos falem o que pensam para trabalhar a partir daí. Marie se preocupa em desenvolver atividades que não sejam isoladas do cotidiano. Apesar de trabalhar de uma forma bem lúdica e deixar os alunos se expressarem, ela sempre apresenta ao fim da aula a linguagem científica.

Em uma entrevista encontrada no trabalho de Derossi e Reis (2012), percebemos a visão que Marie tinha da Ciência. Ao ser entrevistada, Marie demonstra preocupação com o desenvolvimento científico quando cita que a América tinha 50g de rádio em todo o continente, enquanto que a França possuía apenas um grama e esta pequena quantidade foi doada pelo casal Curie quando abriram mão do direito de patente. Na época, um grama deste elemento custava cem mil dólares.

Quando a entrevistadora questionou o quanto Marie possuía de rádio, ela responde “Eu nada possuo, esse grama pertence ao instituto.” Prosseguindo com a entrevista, ela pergunta a Marie sobre a patente de sua descoberta. Um pouco aborrecida, ela responde: “O radium não deve enriquecer ninguém. É um elemento, portanto, pertence ao mundo.” Por este trecho da entrevista, percebemos o quanto Marie abandonava seus interesses próprios em nome do avanço científico e tudo isso contribui na sua maneira de lecionar.

É muito importante salientar que embora as aulas de Marie fossem muito produtivas, ela não possuía nenhum conhecimento pedagógico. À luz dos teóricos citados no capítulo 2, percebemos que ela segue as orientações que acreditamos ser mais produtivas atualmente.

Ao observar as sugestões de atividades experimentais propostas por Silva, Machado e Tunes (2010), verificamos que de cinco sugestões apresentadas, ela realizou três delas: experiência investigativa-demonstrativa, experiência investigativa e visitas planejadas (quando levou suas alunas ao laboratório em que ela e Pierre trabalhava). As outras duas sugestões, que são a exibição de filmes e o uso de simuladores em computador, não seriam possíveis de se realizar naquela época por não existir computadores.

No prefácio do livro com as anotações de Isabelle, temos a comparação feita por Yves Quéré das aulas de Marie Curie com as orientações do site “Mão na Massa” que auxilia professores a colocar em prática um ensino de ciências de qualidade na escola. Segundo ele:

Para quem mergulhou [...] na aventura apaixonante do mão na Massa, como não encontrar aqui notáveis paralelos e intuições antecipadoras? E como não reconhecer que tudo está aqui já em movimento: a acumulação dos pontos de interrogação que são os pontos de partida de toda ciência; a importância da experiência realizada pelas próprias crianças; a dialética que se estabelece então entre a experimentação e a reflexão, entre as mãos e o cérebro, entre a realidade e a imagem que dela fazemos, dialética que fundamenta toda pesquisa [...] e que as crianças realizam com tanto envolvimento pessoal [...] (QUÉRÉ, Y, apud CHAVANNES, 2007, p. 14-15)

Comparando as aulas de Marie com as orientações que Ferreira, Hartwig e Oliveira (2010) citam para a reflexão do trabalho docente no capítulo 2, percebemos que:

- a) as aulas dela são direcionadas a partir de uma situação problema. Como exemplo, temos na página 107 Marie questionando seus alunos porque que o barco que é tão grande consegue flutuar. Em seguida ela pergunta: “Qual é a condição para que um corpo possa flutuar?” Na sequência, ela diz: “Vamos procurá-la.”
- b) Ela sempre envolve os alunos na formulação e testagem de hipóteses como já foi apresentado ao longo do capítulo. É importante notar que ao longo de todo o livro encontramos muito as palavras no plural como “vamos”, “tentemos”, “vejamos” etc, mostrando que Marie valorizava a participação dos alunos nas aulas.
- c) Ela propicia a coleta e registro de dados pelos próprios alunos. Como exemplo, temos na página 100, Marie os orientando a resumir em um quadro o que foi feito. Nesta tabela, encontramos a relação dos valores da densidade, da massa e do volume de quatro materiais diferentes.
- d) Após observarem os fenômenos, Marie questiona os alunos encorajando-os a formularem suas próprias explicações. Em diversos trechos do livro, encontramos esta abordagem.

Durante toda a vida de Marie Curie, percebemos o quanto ela se dedicou ao desenvolvimento da Ciência e como se preocupou em compartilhar esse conhecimento com os seus alunos. É notável que ela não lecionava com o intuito de simplesmente transmitir conteúdos, mas que ela se importava que a aprendizagem fosse sólida através da contextualização e experimentação. Vemos em Marie uma metodologia de ensino formidável na qual muitos professores de Ciências precisam se espelhar.

METODOLOGIA

Para verificar na prática como os alunos respondem à forma de Marie Curie ensinar Ciências, selecionamos quatro experimentos do livro “Aulas de Maria Curie” e os realizamos com cinco alunos do 2º ano do Ensino Médio de 15 e 16 anos. Os experimentos escolhidos foram três que versavam o conceito de densidade e um sobre pressão atmosférica.

Estes experimentos foram selecionados por se tratarem de conceitos simples, mas que temos observado que os alunos possuem grandes dificuldades quando é preciso aplicá-los para explicar situações do cotidiano. Além disso, avaliamos também a facilidade de realização, de obtenção dos materiais e a toxicidade dos experimentos, pois Marie Curie fazia alguns experimentos com reagentes tóxicos e instrumentos perigosos. Os alunos que foram convidados a participarem destas experiências foram escolhidos por fazerem parte do Clube de Ciências da escola em que estudam localizada em São Sebastião-DF.

Este colégio possui, dentre outros projetos, a utilização do PD – parte diversificada – para a atividade de Clube de Ciências, com fins investigativos. No Clube de Ciências, pequenos grupos de alunos identificam um problema de seu interesse, formulam hipóteses, pesquisam, selecionam procedimentos e concluem com soluções. Os alunos que participam das atividades realizadas no PD da escola não ganham nota em nenhuma disciplina, logo todos os que fazem parte do Clube de Ciências tem um interesse maior em ciências. Por este motivo, os cinco alunos participantes do clube foram convidados para contribuir com este trabalho.

A realização dos experimentos foi feita de forma semelhante com a maneira de Marie Curie ensinar ciências como foi descrito no livro “Aulas de Marie Curie”, ou seja, de forma investigativa e mostrando aplicações no dia a dia dos alunos. Durante os experimentos, foi utilizado um gravador de voz para que fosse possível registrar com detalhes neste trabalho as respostas ao problema inicial dos alunos. Todos os estudantes participantes deste trabalho autorizaram previamente a gravação de voz.

Nos diálogos apresentados em Resultados e Discussão, o professor será representado pela letra P e os alunos participantes por A1, A2, A3, A4 e A5.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Experimento 1

O professor mostrando uma garrafa vazia aos alunos os questiona:

P: O que há dentro desta garrafa?

A1: Ar.

A2, A3, A4, A5: É... ar.

P: Como vocês podem me provar que tem ar dentro da garrafa?

A1: Como tem ar aqui no ambiente para respirarmos e a garrafa está aberta, consequentemente existe ar na garrafa.

Depois disto, o professor mergulhou a garrafa fechada com o gargalo para cima em uma vasilha com água e perguntou aos alunos:

P: O que vai acontecer se eu abrir a garrafa dentro da água?

Todos: A água entra na garrafa.

P: Vamos ver.

Feito o experimento, os meninos confirmaram que a água entrava e que saía bolhas de ar da garrafa.

P: Por que isto acontece?

A2: Porque dois corpos não ocupam o mesmo espaço.

A3: Acho que o oxigênio sai e se separa da água.

A1: Acho que não tem ar na água e por isso o ar tem que sair de algum jeito para a água entrar.

O professor continuou os questionando, mas eles já não tinham mais argumentos para tentar explicar, até que A3 responde:

A3: A água é mais densa que o ar e por isso o ar sai da garrafa para que a água entre.

P: Muito bem! Agora eu vou mergulhar a garrafa fechada com o gargalo para baixo na vasilha com água. O que vai acontecer quando eu destampar a garrafa?

A2: Neste caso não vai entrar água dentro da garrafa.

A1, A3, A4, A5: É verdade.

A3: A água tá impedindo que o ar saia de dentro da garrafa.

P: Isso mesmo. Como não tem por onde o ar sair, ele fica preso dentro da garrafa. Um exemplo disto no nosso cotidiano são aqueles filtros em que colocamos garrafas de 20 litros com água mineral, quando tiramos um copo d'água do filtro, o ar entra, fazendo uma bolha bem grande. Agora vamos para a próxima experiência.

Comparando as respostas dos alunos em que se propuseram a participar destas experiências com as dos meninos que Marie Curie ensinou na cooperativa, devemos levar em consideração a diferença de idade (Alunos de Marie Curie: 7 a 13 anos/ Alunos deste trabalho: 15 a 16 anos) e a diferença do conhecimento científico.

Ao lançar o problema inicial “O que há na garrafa?”, já percebemos a primeira diferença de respostas. Enquanto que todos os alunos de Marie responderam imediatamente que era ar, apenas um aluno deste trabalho respondeu de imediato e os demais concordaram depois de um tempo. Acreditamos que esta diferença se deve ao fato de os alunos de Ensino Médio já terem um pouco de medo de manifestar suas ideias por acharem que estão errados, enquanto que as crianças falam de imediato o que pensam.

Na sequência, quando foi mergulhada a garrafa na vasilha com água com o gargalo para cima, os alunos de Marie falaram que isso acontecia porque o ar era mais “leve” que a água. Já os alunos deste trabalho, propuseram várias hipóteses demorando a se lembrar de que a água é mais densa que o ar. Uma resposta chamou a atenção: “Acho que o oxigênio sai e se separa da água”. O aluno que retrucou isso nos faz concluir que ele tem uma confusão sobre o conceito de substância. Ele não compreende bem que a substância O_2 é diferente da substância H_2O .

Com esta hipótese, verificamos que este simples experimento é muito válido para verificarmos alguns problemas conceituais e que mesmo ele sendo de fácil realização, eles quase não conseguiram explicar.

Experimento 2

O professor pegou um copo com água e um ovo e perguntou aos meninos:

P: Vocês acham que o ovo vai afundar ou boiar neste copo com água?

A1: Acho que vai afundar...

PA2, A4, A5: Depende. Se for cru, ele afunda, mas se for cozido ele boia.

O professor falou para os meninos que o ovo estava cru e realizou o experimento.

P: Vamos ver então...

Feito o experimento, eles viram que o ovo afundou e o professor questionou:

P: Porque o ovo afundou?

A4, A5: Por causa da densidade.

A1: Acho que é porque tem líquido dentro dele e por isso ele afunda.

A5: Quando o ovo tá cru tem ar dentro dele?

Como A5 fez esta pergunta, o professor explicou bem rápido que no ovo podre tem sim gases dentro dele devido algumas reações que acontecem com o tempo, mas que nos ovos comuns não há gases. Depois disto ele prosseguiu:

P: De acordo com o que vimos, quem é mais denso então: a água ou o ovo?

Todos: O ovo.

P: Agora eu vou colocar sal de cozinha neste copo de água com o ovo e vou misturar. Vamos ver o que vai acontecer.

Todos: Agora ele está boiando.

A5: O sal fez com que a água ficasse mais densa do que o ovo.

A1: A água ter ficado mais densa tem alguma coisa a ver com o pouco de sal que ficou embaixo do copo.

A3: Como a água contém sais minerais, o sal de cozinha faz com que a água fique mais densa.

A2: Mas se a explicação é por isso, o ovo deveria ter boiado logo no início sem o sal de cozinha.

A5: Mas a quantidade de sais é que determina a densidade da água ficar maior ou menor. Como no início tinha poucos sais, o ovo boiou. Depois que você colocou mais sal a densidade da água aumentou.

P: A5 tem razão. Como a massa de água e sal é maior do que só da água, a densidade de água e sal também é maior.

Neste experimento fizemos algumas adaptações, pois Marie fez com que seus alunos pesassem alguns materiais e verificassem que eles afundavam menos na água salgada do que na água pura e só em seguida, ela fez o experimento do ovo na água, mas sem muitas perguntas.

Com a influência do Experimento 1, quando o professor perguntou porque o ovo afundou, imediatamente eles responderam que era por causa da densidade, mas não responderam quem era mais ou menos denso. A resposta de um aluno para o fato de o ovo boiar merece atenção aqui: “Acho que é porque tem líquido dentro do ovo e por isso ele afunda”. Com este pensamento, verifica-se que este aluno entende que todos os líquidos têm a

mesma densidade, e como tem líquido dentro do ovo, ele afunda, mas se tivesse ar dentro dele, ele boiaria.

Depois de o professor perguntar quem era mais denso, em consenso eles responderam que era o ovo. Ao adicionar sal de cozinha na água, surgiram várias hipóteses, mas um aluno conseguiu responder que o sal tornou a água mais densa. Ele complementou que se tivesse colocado pouco sal, o ovo não boiaria. Este experimento também se mostrou eficiente para ser feito com os alunos, pois os fazem formular hipóteses e explicar fatos do cotidiano, como exemplo por que as pessoas boiam mais fácil no mar do que em uma piscina.

Experimento 3

O professor levou uma massa de modelar e pediu para que dois alunos fizessem um barquinho. Enquanto eles faziam o barco, o professor questiona:

P: Por que os barcos não afundam se eles são tão pesados?

A1: Acho que é porque o fundo dele é plano.

A5: Na verdade é porque o fundo dele é oco.

A3, A4: Acho que é por causa do material de que os barcos são feitos.

A1: Acho que não é mais por causa do formato.

A2: Por causa do empuxo talvez.

P: Mas como o empuxo faz com que o barco não afunde?

Nenhum dos alunos conseguiu explicar. A5 questionou o fato de ele boiar devido o material de que ele é feito:

A5: Mas se for por causa do material, como que pode um barco feito de madeira flutuar e um de metal também flutuar?

A1, A2: É, então não é por causa do material.

O barco feito por A2 afundou na mesma hora em que foi colocado na vasilha com água porque o fundo dele ficou bem pesado, já o barco feito por A5 flutuou. Os alunos foram colocando bolinhas de massa de modelar dentro deste barquinho até que chegou um momento em que ele afundou. A pergunta continuou instigando os meninos e eles continuaram tentando responder:

A3: Acho que tem a ver com o movimento da água.

A2: Acho que até o clima pode influenciar.

A5: Será que é a densidade da água? Mas acho que não, aí já seria exagero.

A2: Talvez tenha a ver mesmo porque eu nunca vi barcos em água doce.

A3, A4, A5: Mas tem barcos em rios sim.

Depois de os meninos pensarem bastante e levantarem várias hipóteses, o professor concluiu respondendo à pergunta inicial.

P: A2 tinha razão. É devido ao empuxo mesmo. Como o barco é muito volumoso ele desloca um volume muito grande de água e por isso o empuxo faz com que ele não afunde. Os barcos têm um limite e assim como nosso barquinho afundou quando colocamos muito peso, cada barco tem uma carga máxima a ser carregada.

A realização deste experimento deixou muito claro como os alunos não conseguem usar o conceito de densidade para aplicar em situações do dia a dia. Este experimento também foi adaptado, pois quando Marie fez na cooperativa, ela pediu para que seus alunos pesassem um flutuador de cortiça e outro de areia e vidro, anotassem suas massas e verificassem os volumes deslocados. Feito isso, ela concluiu com os alunos que para um corpo flutuar, ele deve deslocar um peso de água igual o seu.

Durante a realização deste trabalho, quando o professor pediu para que eles explicassem por que os barcos não afundam, surgiu algumas respostas que divergiam do esperado, como um aluno que falou que até o clima influenciava e nenhum deles citou a questão do volume deslocado. Concluímos que vale a pena realizar este experimento, pois é muito mais importante o aluno saber aplicar os conceitos estudados para explicar os fenômenos, do que prosseguir com certos conteúdos que não aparecem no dia a dia dos alunos.

Experimento 4

Nesta experiência, o professor conectou uma máquina que produz vácuo em um kitassato que estava com uma rolha por cima. Antes de produzir vácuo dentro da vidraria, ele pediu para que A4 tirasse a rolha. Sem muitos problemas, ela tirou. Depois disso, ele ligou a máquina de produção de vácuo e pediu para que ela tirasse a rolha novamente, no entanto, desta vez, quando ela tentou tirar, a vidraria acabou subindo junto com a rolha. O professor não explicou para eles o que a máquina fazia.

P: E aí pessoal, por que aconteceu isto?

A5: Essa máquina tá sugando o ar.

A2: Parece aquela brincadeira que fazíamos quando criança de colocar um copo na boca, sugar o ar de lá de dentro e ele grudar em volta da nossa boca.

P: É verdade, tem o mesmo princípio... Mas por que será que A4 não conseguiu tirar facilmente a rolha depois de eu ter ligado essa máquina aqui na vidraria?

A5: Como essa máquina suga o ar daí de dentro, ela suga a rolha também fazendo com que fique mais difícil de tirar.

A2: Então se tirasse todo o ar, era perigoso que esse vidro trincasse e quebrasse.

Depois de alguns minutos de discussão, todos concordaram com o A5 de que a rolha era sugada e por isso não conseguíamos tirar.

P: Na verdade nós não conseguimos tirar, porque a pressão atmosférica exerce uma força tão grande, que não pudemos removê-la e como nós tínhamos tirado o ar de dentro do kitassato, a pressão atmosférica fazia com que a rolha não saísse do lugar.

Agora, o professor colocou um balão um pouco cheio dentro do kitassato e produziu vácuo.

Antes de realizar o experimento, ele perguntou:

P: O que vocês acham que vai acontecer?

A2: O balão vai inchar.

A5: Eu também acho que sim.

A1: Eu acho que o balão vai subir.

Depois de eles tentarem responder, o professor realizou o experimento. À medida que a máquina ia tirando o ar de dentro da vidraria, o balão ia enchendo.

P: Como vocês me explicam isso?

A5: No meu pensamento, como tá tirando o ar daí de dentro e como a pressão atmosférica é muito forte, o ar de dentro do balão vai aumentando.

A1: Como a máquina tá tirando o ar daí de dentro, eu acho que o ar tá indo pra dentro do balão.

A4: Concordo com a Carolina.

Este experimento também foi adaptado. Marie Curie o fez colocando um balão na extremidade de uma campânula e aplicou vácuo. Seus alunos observaram a pele de bexiga se curvando para o interior da campânula.

Em nossa adaptação, observamos com as respostas dos alunos que para eles o “nada” tem o poder de sugar alguma coisa. Em nenhum momento algum dos alunos propôs alguma explicação com o conceito de pressão atmosférica. Mais uma vez acreditamos que

este experimento é muito bom para se realizar nas escolas para que os meninos entendam o conceito de vácuo e pressão atmosférica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio da análise das anotações de Isabelle Chavannes sobre as aulas de Marie Curie, pudemos conhecer suas contribuições para o ensino de Ciências. Marie Curie como educadora utilizou uma metodologia de ensino que atende ao que defendemos, isto é, produzir uma aprendizagem eficiente, pois ela sempre deu ênfase às aulas experimentais e às questões do cotidiano.

Embora saibamos que a experimentação e a História da Ciência não são definitivamente a solução para os problemas existentes no processo ensino-aprendizagem, acreditamos que dependendo da abordagem em que eles são trabalhados em sala de aula, conseguimos obter melhoras na aprendizagem dos alunos. É certo que uma aula que possua História da Ciência, experiências e problemas do cotidiano é muito mais rica e atrativa, do que uma baseada simplesmente em anotações no quadro e explicações de algo distante

Podemos observar no trabalho de Marie Curie que ela possuía uma preocupação em sempre fazer uma aula melhor, ou seja, ela era uma professora reflexiva. Claro que o fato de ela ser mãe de uma das alunas da cooperativa influenciou no trabalho. No entanto, antes disto ela lecionou em outros locais e obteve grande destaque em todos esses lugares. Uma outra qualidade de suas aulas que foram citadas neste trabalho é que elas eram baseadas em questionamentos. Na maioria de suas aulas, Marie Curie fazia com que os meninos observassem e compreendessem primeiro os fenômenos e depois disto, explicava cientificamente o que havia sido observado.

Isto tudo nos mostra que Marie Curie conduzia suas aulas numa perspectiva investigativa. Nesta mesma perspectiva, realizamos alguns experimentos com alunos do ensino médio e pudemos observar que estes experimentos e a abordagem que ela trabalhava continua sendo válida. Com as respostas dos alunos entrevistados neste trabalho, pudemos observar que eles não conseguem explicar situações simples do cotidiano. Por isso, acreditamos que os professores de Ciências devem trabalhar mais experimentos simples sobre ar e água para solucionar a pouca aprendizagem dos conceitos.

REFERÊNCIAS

BASSALO, J. M. F. A Importância do Estudo da História da Ciência. **Sociedade Brasileira de História da Ciência**, n. 8, 1992. p. 57-66. Disponível em: <http://www.sbhc.org.br/revistahistoria/view?ID_REVISTA_HISTORIA=34> Acesso em: 06 de fevereiro de 2013.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais* (Ensino Médio). Brasília, 1999.

CHASSOT, A. Inserindo a história da ciência no fazer educação com a ciência. In: CHASSOT, A & OLIVEIRA, R. J. *Ciência ética e cultura na educação*. São Leopoldo: Unisinos, 1998-b. p. 73-93.

CHASSOT, A. Uma história da educação química brasileira: sobre seu início discutível apenas a partir dos conquistadores. *Episteme*. v. 3, n. 7, p. 97-107, 1998-a. Disponível em: <<http://www.ilea.ufrgs.br/episteme/portal/index.php>>. Acesso em: 10 de maio de 2014.

CHAVANNES, I. *Aulas de Marie Curie*. São Paulo: Edusp, 2007, 136 p.

DEROSSI, I. N.; REIS, I. F. A Educadora Marie Curie: uma perspectiva diferenciada dessa cientista. In: Anais do XVI ENEQ. Juiz de Fora, 2012. Disponível em: <<http://www.portalseer.ufba.br/index.php/anaiseneq2012/article/viewFile/7554/5188>> Acesso em 6 de dezembro de 2013.

DEROSSI, I. N.; FREITAS-REIS, I. O ensino de Ciências por Marie Curie: Análise da Metodologia Empregada em sua Primeira Aula na Cooperativa de Ensino. *Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 02, p. 88-92, maio de 2014. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/36_2/03-QS-32-13.pdf> Acesso em 16 de junho de 2014.

ECHEVERRÍA, A. R.; MELLO, I. C.; GAUCHE, R. Livro Didático: Análise e Utilização no Ensino de Química. In: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. (Org.) **Ensino de Química em Foco**. Ijuí, RS: Editora Unijuí, 2010, p. 263-286.

FERREIRA, L. H; HARTWIG, D. R; OLIVEIRA, R. C. Ensino Experimental de Química: uma abordagem Investigativa Contextualizada. *Revista Química Nova na Escola*, n 2, maio de 2010. p. 101-106.

Disponível em: <http://webeduc.mec.gov.br/portaldoprofessor/quimica/sbq/QNEsc32_2/08-PE-5207.pdf> Acesso em: 29 de novembro de 2013.

FLÔR, C. C. e SOUZA, S. C. A história da ciência presente nos Parâmetros Curriculares Nacionais. In: *Atas do V ENPEC*. Bauru: CDROM, 2006.

FOUREZ, G. Crise no ensino de ciências? Investigação no Ensino de Ciência. v. 8, n. 2, ago. 2003. Disponível em: <www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol8_n2/v8_n2_a1.html>. Acesso em: 10 de maio de 2014.

FREIRE Jr., O. A relevância da filosofia e da história das ciências para a formação dos professores de ciências. In: SILVA FILHO, W. J. da (editor) *Epistemologia e ensino de ciências*. Salvador: Arcádia, p. 13-30, 2002.

GUIMARÃES, C. C. Experimentação no Ensino de Química: Caminhos e Descaminhos Rumo à Aprendizagem Significativa. **Revista Química Nova na Escola**, n 3, agosto de 2009. p. 198-202. Disponível em: < http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc31_3/08-RSA-4107.pdf> Acesso em: 29 de novembro de 2013.

JAFFE, B. The history of chemistry and its place in the teaching of high-school chemistry. *Journal of Chemical Education*. n. 15 p. 383-389. 1938.

MACHADO, P. F. L.; MÓL, G. S. Experimentando Química com Segurança. *Química Nova na Escola*, n. 27, p. 57-50, 2008a.

MARTINS, R. A. Sobre o papel da História da Ciência no ensino de ciência. *Boletim da Sociedade Brasileira de História da Ciência*. n. 9: p. 3-5, 1990. Disponível em: <<http://www.ifi.unicamp.br/~ghc>> Acesso em: 10 fev. 2014.

MATTHEWS, M. R. “History, Philosophy and Science Teaching: The Present Rapprochement”. *Science & Education*, v. 1 n. 1, 11-47. Traduzido pelo PROLICEN-UFBA e publicado no *Caderno Catarinense do Ensino de Física*, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.

MORTIMER, E. F. Concepções atomistas de estudantes. *Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 01, p. 23-26, maio de 1995.

NARDI, R. Memórias Da Educação em Ciências no Brasil: a pesquisa em ensino de física. *Investigação em ensino de ciências*. v. 10, n. 1, março, 2005. Disponível em <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol10/n1/v10_n1_a4.htm>. Acesso em 21 de junho de 2014.

PEREIRA, C. L. N. *A História da Ciência e a Experimentação no Ensino de Química Orgânica*. 2008. 194 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Física e Química, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

PESSOA Jr., O. Quando a abordagem histórica deve ser usada no ensino de ciências? *Ciência & Ensino*, v. 1, outubro de 1996.

PORTO, P. A. História e Filosofia da Ciência no Ensino de Química: Em busca dos objetivos educacionais da atualidade. In: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. (Org.) **Ensino de Química em Foco**. Ijuí, RS: Editora Unijuí, 2010, p. 263-286.

SILVA, R. R; MACHADO, P. F. L; TUNES, E. Experimentar Sem Medo de Errar. In: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. (Org.) **Ensino de Química em Foco**. Ijuí, RS: Editora Unijuí, 2010, p. 263-286.

WEILL, A. R. Curie, Marie. In: GILLISPIE, C. C. **Dicionário de biografias científicas**. Tradução: Carlos Almeida Pereira, et al. Rio de Janeiro: Editora Contraponto, 2007.

