

EXTENSÃO DA TABELA PERIÓDICA E PROJETO MANHATTAN: HISTÓRIAS TECIDAS NUMA PERSPECTIVA FLECKIANA

Cristhiane Cunha Flôr

Universidade Federal de Santa Catarina – Programa de Pós Graduação em Educação Científica e Tecnológica – cristhianeflor@yahoo.com.br

THE EXTENSION OF THE PERIODIC TABLE AND THE MANHATTAN PROJECT: STORY LINES WOVEN IN A FLECK'S VIEW

Resumo: Atualmente, na área da educação científica, a história da ciência aparece como um dos caminhos possíveis para trabalhar *como* a ciência se desenvolve, e uma visão epistemológica de episódios históricos pode contribuir com abordagens *sobre* a ciência. No presente trabalho emprego alguns aspectos da teoria do conhecimento de Ludwik Fleck na leitura de episódios históricos envolvendo a síntese de elementos transurânicos e conseqüente alteração da Tabela Periódica, no contexto da execução do Projeto Manhattan. Particularmente, analiso como ocorreu a comunicação das idéias e produções científicas à luz dos conceitos fleckianos de circulação intracoletiva e circulação intercoletiva de idéias. Considero que textos que abordam episódios históricos a partir referenciais epistemológicos podem e devem ser utilizados na licenciatura, a fim de que os futuros professores tenham a experiência da utilização de abordagens históricas. Além disso, a publicação de trabalhos envolvendo episódios históricos pode constituir um acervo de pesquisa para os professores.

Palavras-chave: Abordagens epistemológicas e História da ciência; Ludwik Fleck; Tabela Periódica

Abstract: At present, in the area of scientific education, the history of science appears like one of the possibilities for work like the science develops, and an epistemological vision of historical episodes can contribute with approaches about the science. In this article, some aspects of the epistemology of Ludwik Fleck knowledge are used in the reading of historical episodes involving the synthesis of transuranic elements and the consequent alteration of the Periodic Table in the execution context of the Manhattan Project. Particularly, it is analyzed how the communication of the ideas and scientific productions occurred in this context by the light of the Fleck concepts, which have an intracollective and intercollective circulation. I consider texts that approach historical episodes it leave epistemological references are able to and should be utilized in the degree, in order to that the future teachers have the experience of the utilization of historical approaches. Beyond that, publications involving historical episodes can constitute a collection of research for the teachers.

Keywords: Epistemological approaches and history of science; Ludwik Fleck; Periodic Table

ARTICULAÇÕES ENTRE HISTÓRIA E EPISTEMOLOGIA DA CIÊNCIA NO CONTEXTO DA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA

Atualmente, muito se tem discutido nas pesquisas em Ensino de Ciências sobre possíveis articulações entre Epistemologia, Filosofia e História da Ciência e o Ensino de Ciências. MATHEWS (1995, p.165) defende para o ensino de ciências uma abordagem *contextual*, indicando que a ciência deve ser ensinada em seus diversos contextos: ético, social, histórico, filosófico e tecnológico. Em resumo, deve-se educar simultaneamente *em e sobre* ciências:

Não se trata aqui da mera inclusão da história, filosofia e sociologia (HFS) da ciência, como um outro item do programa da matéria, mas trata-se de uma incorporação mais abrangente de temas de história, filosofia e sociologia da ciência na abordagem do programa e do ensino dos currículos de ciências que geralmente incluíam um item chamado de “A natureza da ciência”. Agora dá-se atenção especial a esses itens e, paulatinamente, se reconhece que a história, a filosofia e a sociologia da ciência contribuem para uma compreensão maior, mais rica e mais abrangente das questões neles formuladas.

Este caminho se consolida também no Brasil. Durante o V ENPEC (Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – 2005), na área temática para a inscrição de trabalhos denominada Filosofia, História e Sociologia da Ciência no Ensino de Ciências foram apresentados 31 trabalhos na forma de comunicação oral, entre os quais alguns buscavam a compreensão de ciência e história da ciência presente em documentos oficiais (Flôr e Souza 2005; Barros 2005). Outros trabalhos foram direcionados para a história da ciência presente nos manuais e livros didáticos (Pereira e Cardoso 2005; Krapas e Silva 2005) e para o papel da modelização na ciência e seu ensino (Gurgel e Pietrocola 2005; Brockington e Pietrocola 2005).

Além dos focos citados anteriormente, outra abordagem utilizada na área temática se deu no sentido de compreender episódios da história da ciência a partir de um determinado posicionamento epistemológico (Osterman e Prado 2005; Scheid, Ferrari e Delizoicov 2005; Perrelli e Gianotto 2005; Valente, Barcellos e Zanetic 2005). Mais recentemente, no V Encontro AFHIC (Associação de Filosofia e História da Ciência do Conesul), também foram apresentados trabalhos de pesquisa com este enfoque (Tesser 2006, Greca 2006, Delizoicov 2006). É neste enfoque que elaboro o presente trabalho através do qual procuro olhar para episódios históricos envolvendo a necessidade de reestruturação da tabela periódica em vista da identificação de elementos

transurânicos no contexto da execução do Projeto Manhattan. Para tanto, utilizo alguns conceitos do referencial epistemológico *fleckiano*.

FLECK E A SOCIOGÊNESE DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO

Relatar alguns acontecimentos ligados à síntese dos elementos transurânicos à luz do referencial fleckiano permite explorar toda a riqueza das comunicações entre cientistas de áreas diversas – principalmente físicos e químicos – assim como a comunicação destes com o público leigo. Considero que a ciência se faz através da interação e não no estereótipo do “cientista gênio” fechado em si mesmo e em seu laboratório e Ludwik Fleck, em sua epistemologia demonstra muito bem este aspecto interativo da ciência. Atualmente, trabalhos utilizando o referencial fleckiano (Delizoicov et al 2002, Da Ros 2000 e 2006;) permitem compreender como se deu historicamente o desenvolvimento deste pensar epistemológico. Entre outros fatores, sua epistemologia sofreu influência de questões importantes como sua participação na Sociedade Polonesa de Filosofia e História da Medicina, a ocorrência da I e II guerras mundiais e a as constantes mudanças na geografia de seu país.

A epistemologia fleckiana trabalha com um modelo interativo do processo de conhecimento, descartando a hipótese do observador neutro a coletar dados. Em linhas gerais, este referencial aponta três fatores na produção do conhecimento científico: o sujeito conhecedor, o objeto a ser conhecido e o “estado do conhecimento” na área. Para Fleck, os fatos científicos são condicionados e explicados sócio-históricamente:

Portanto, só tendo em conta as condições sociais e culturais do conhecer pode fazer-se compreensível a aparição de outras muitas “realidades” junto à realidade estabelecida pelas ciências naturais. Assim como cada indivíduo possui uma realidade própria, todo grupo social dispõe também de uma realidade social determinada e específica. Portanto, o conhecer, enquanto atividade social, está unido aos condicionantes sociais dos indivíduos que o levam a cabo. (Schaffer e Schnelle, 1986, p.21).

Fleck compreende que a formação de cientistas se dá através da apropriação de um determinado *estilo de pensamento*, que possibilita o “*sentir seletivo e a ação conseqüentemente dirigida*” (Fleck, 1986, p.145). Em linhas gerais, ao se apropriar de um determinado *estilo de pensamento*, o cientista em formação passa a fazer parte de um *coletivo de pensamento*, o qual representa a unidade social de uma comunidade de cientistas.

No presente trabalho, deterei a atenção sobre o surgimento de novos *estilos e coletivos de pensamento*, as *complicações* e o papel da *linguagem* e da *comunicação intercoletiva e intracoletiva* das idéias no desenvolvimento do conhecimento científico relativo à tabela periódica dos elementos químicos.

TABELA PERIÓDICA: ENSINO E UM BREVE HISTÓRICO...

Na educação em química, quer no ensino fundamental – na disciplina de ciências – quer no ensino médio, a Tabela Periódica é de suma importância na compreensão dos diversos conceitos químicos. Porém, geralmente o tema é trabalhado de forma fragmentada, por exemplo, quando os professores mandam “decorar” os nomes dos elementos pertencentes a cada família. Estudos envolvendo o ensino da tabela periódica propõem abordagens do tema através de jogos e atividades de classificação (Silva, Santos, Miranda e Giacomini 2005; Maruyama, Silva, Costalonga e Marques 2005) como elemento facilitador da aprendizagem. A utilização de textos literários que falem sobre a tabela periódica também aparece como estratégia, servindo como mote para discussões a respeito dos conteúdos (Osório, Porto, Tiedemann e Cório 2005).

Outra possibilidade de trabalho com a tabela periódica é a utilização de abordagens históricas (Mortimer, 2001) que vai ao encontro do pensamento de Mathews (1995) no sentido de educar simultaneamente *em* e *sobre* ciências. Penso que tanto no ensino fundamental e médio quanto na licenciatura, um contato maior com a história da elaboração e reelaboração da Tabela Periódica dos elementos químicos é de fundamental importância. Esta forma de trabalhar poderia aumentar a compreensão sobre o “funcionamento” da tabela bem como sobre a própria história dos elementos. Assim sendo, exploro a seguir alguns aspectos históricos relevantes a respeito da tabela periódica.

A elaboração da Tabela Periódica representou um marco importantíssimo na história da química. Com a apresentação de sua tabela em 1869, Dmitri Mendeleiev pôs ordem no caos que reinava na química no que dizia respeito aos elementos químicos e suas propriedades.

Com a Tabela Periódica, a química chegou à maioria. Como os axiomas da geometria, da física newtoniana e da biologia darwiniana, a química tinha agora uma idéia central sobre a qual todo um novo corpo de ciência podia ser construído. Mendeleiev classificara os tijolos do universo. (Strathern 2002, p. 251)

De um modo geral, temos maior acesso à história desta fase da elaboração da tabela. A forma como ocorreu esta etapa da classificação dos elementos químicos é fascinantemente recontada em livros (Strathern 2002, Sacks 2002) e abordada em trabalhos de pesquisa na área da educação científica (Mortimer 2001; Alves, Santos e Massena Filho 2005).

Vale a pena lembrar, no entanto, que a Tabela Periódica de Mendeleiev era organizada segundo os pesos atômicos dos elementos químicos, uma vez que o modelo atômico que norteava a química naquela época era o modelo de Dalton – a esfera maciça e indivisível. Porém, a química sofreu fortes influências da revolução da mecânica quântica ocorrida no início do século XX, e que implicaram em uma revisão da estrutura da Tabela Periódica sendo para este período que pretendo direcionar a atenção neste trabalho.

No final do século XIX e início do século XX, a ciência se desenvolvia rapidamente. Feitos científicos como a produção de raios X, o efeito Zeeman, o elétron e a radioatividade impulsionavam vários cientistas a desvendar a estrutura atômica. Estes feitos marcaram fortemente a química e foram sentidos num dos marcos da química moderna: a Tabela Periódica. Em 1913, houve um fato que marcou decisivamente a história a Tabela Periódica dos elementos químicos: Henry G. Moseley propôs uma forma de determinar o número atômico dos elementos químicos:

Sua descoberta do número atômico, o número que mede a carga positiva do núcleo em unidades de carga protônica, proporcionou esclarecimento definitivo sobre o conceito de elemento químico. (Segrè, 1980, p.138)

Após essa determinação, em pouco tempo, a Tabela Periódica já estava completa com os 92 elementos químicos conhecidos. No entanto, a extensão da tabela para elementos de número atômico além do urânio – os elementos transurânicos – apresentava algumas *complicações*, que serão analisadas com base na teoria do conhecimento do Ludwik Fleck.

O PAPEL DA CIRCULAÇÃO INTER E INTRACOLETIVA DE IDÉIAS NA BUSCA POR ELEMENTOS TRANSURÂNICOS

Como visto anteriormente, a introdução do conceito de número atômico na elaboração da Tabela Periódica dos elementos químicos levou à sua extensão e perfeita ordenação dos 92 elementos químicos naturais conhecidos. A figura 1 mostra a disposição dos elementos químicos na tabela por volta de 1920.

H																			He					
Li	Be																		B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg																		Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr							
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe							
Cs	Ba	La-Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn							
Fr	Ra	Ac	Th	Pa	U	93	94	95	96	97	98	99	100											
		La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu								

Figura 1 – Tabela Periódica antes da II Guerra Mundial. Os números atômicos dos elementos transurânicos, ainda não descobertos, vão de 93 a 100. Fonte: SEABORG, 1969, p. 64

As primeiras tentativas de produção de elementos além do urânio foram feitas por Fermi, Sègre e colaboradores em 1934. Em 19 de janeiro de 1934, Irene Curie e Frederic Joliot enviaram uma carta ao *Nature* onde relatavam a produção de radioatividade artificial:

Nossas mais recentes experiências mostram um fato espantoso. Quando uma lâmina de alumínio é irradiada sobre uma preparação de polônio, a emissão de pósitrons não pára logo que a preparação é removida. (Curie e Joliot apud Segré, 1980, p.201)

Este feito permitiu um melhoramento das atividades experimentais através da utilização de nêutrons como projéteis. A divulgação de resultados de pesquisas promove o que Fleck chama de circulação *intracoletiva de idéias*, através da qual os cientistas que compartilham do mesmo estilo de pensamento comunicam-se entre si. Este tipo de divulgação promove também a chamada circulação *intercoletiva de idéias*, através da qual cientistas portadores de diferentes estilos de pensamento tomam conhecimento os desenvolvimentos científicos de outras áreas.

A participação em vários coletivos de pensamento e o intercâmbio entre diversos estilos de pensamento pode promover mudanças teóricas e afrouxar a coerção de pensamento, contribuindo para a mudança de significados de termos e propiciando o surgimento de um novo estilo de pensamento. (Leite, Ferrari e Delizoicov 2001)

Dessa forma, através da circulação de idéias no fervoroso mundo científico do início do século XX, Fermi e colaboradores descobriram novas substâncias radioativas através do bombardeamento do núcleo de urânio com nêutrons, identificando-as como elementos transurânicos. No entanto, investigações químicas foram levadas a cabo por Hahn, Meitner e Strassmann mostrando que as interpretações

dadas por Fermi não estavam corretas, pois os elementos resultantes do bombardeamento dos núcleos de urânio eram produtos de fissão nuclear. Segundo Seaborg (1969, p.24):

A descoberta da fissão nuclear por O. Hahn e F. S. Strassmann, em dezembro de 1938, descoberta essa que abriu a “idade atômica” é, portanto, um subproduto da pesquisa para a procura e para a produção dos elementos transurânicos.

Por outro lado e, curiosamente, a descoberta do primeiro elemento transurânico, neptúncio, foi um subproduto dos estudos levados a cabo por E. M. McMillan, em 1940, sobre o fenômeno da fissão.

É interessante notar que, na época, talvez impulsionados pelo fervor das pesquisas ao redor do núcleo atômico, tanto químicos quanto físicos trabalhavam com os mesmos materiais e seus procedimentos experimentais e resultados obtidos se complementavam e eram alimentados pela circulação intercoletiva de idéias. O “afrouxamento” nos estilos de pensamento da química e da física, no que dizia respeito aos elementos transurânicos e ao núcleo atômico respectivamente, permitiu a formação de um novo *coletivo de pensamento*. Nas palavras de Seaborg (1969, p. 20,21)

É extremamente importante chamar a atenção para o fato de que, [...] Mesmo quando todos os átomos são coletados em uma pequena superfície, é ainda impossível vê-los, pesá-los ou levar a cabo qualquer teste químico, como se faz com uma quantidade macroscópica, visível ou ponderável. Portanto, as propriedades químicas dos novos elementos têm de ser estudadas por técnicas especiais, as quais são conhecidas pelo nome geral de química dos traçadores ou radioquímica.

Surgiu neste período a necessidade de integrar métodos químicos e físicos para a produção e identificação de elementos transurânicos, instituindo um novo campo de conhecimentos conhecido como *radioquímica*, que era sustentado por novos conhecimentos produzidos tanto no campo da química quanto no campo da física.

Para Fleck, na fase de extensão de um estilo de pensamento podem ocorrer *complicações*, durante as quais o coletivo de pensamento respectivo se dá conta das exceções não contempladas suas explicações. Nesses momentos, há um intenso esforço no sentido de manter a validade do estilo. Nesse movimento de busca por elementos transurânicos, várias foram as complicações no âmbito da radioquímica.

Apesar dos avanços proporcionados pela química dos traçadores, a teoria relativa à Tabela Periódica ainda não explicava satisfatoriamente muitos fenômenos observados. A radioquímica permitiu a produção e identificação do elemento de número atômico 93 (netúncio) por E. M. McMillan e P. H. Abelson e do elemento de número atômico 94 (plutônio) por G. Seaborg, E. M. McMillan, J. W. Kennedy e A. C. Wahl

em 1940. No entanto, os elementos recém descobertos, de números atômicos 93 e 94 não se comportavam como era de se esperar – com propriedades semelhantes às do rênio e do ósmio, elementos estes colocados acima dos primeiros na tabela que vigorava na época (ver figura 1). Da mesma forma, ainda não era possível identificar os elementos de número atômico 95 e 96.

Estas *complicações* levaram Glenn Seaborg, em 1944, a propor a hipótese de que os elementos de número atômico acima do actínio ($Z=89$) formassem uma nova série semelhante aos lantanídeos.

Este novo conceito significava que os elementos 95 e 96 deveriam ter algumas propriedades em comum com as do actínio e algumas em comum com seus “irmãos” de terras raras, európio e gadolínio, principalmente no que diz respeito à dificuldade de oxidação acima do estado de valência III. Quando se planejaram os experimentos de acordo com esse novo conceito, os elementos 95 e 96 foram imediatamente descobertos. (Seaborg, 1969, p.67)

A proposta de Seaborg para uma nova configuração da Tabela Periódica permitiu a identificação de numerosos elementos transurânicos, além de permitir a explicação das propriedades químicas tanto de elementos já identificados quanto de elementos ainda não identificados. Assim, a Tabela Periódica dos elementos químicos adquiriu uma nova configuração, conforme a figura 2:

1																	2				
3	4															5	6	7	8	9	10
Li	Be															B	C	N	O	F	Ne
11	12															13	14	15	16	17	18
Na	Mg															Al	Si	P	S	Cl	Ar
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36				
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr				
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54				
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe				
55	56	57-71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86				
Cs	Ba	La series	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn				
87	88	89-103	(104)	(105)	(106)	(107)	(108)	(109)	(110)	(111)	(112)	(113)	(114)	(115)	(116)	(117)	(118)				
Fr	Ra	Ac series	(104)	(105)	(106)	(107)	(108)	(109)	(110)	(111)	(112)	(113)	(114)	(115)	(116)	(117)	(118)				
		Série de lantanídeos	(37)	(38)	(39)	(40)	(41)	(42)	(43)	(44)	(45)	(46)	(47)	(48)	(49)	(50)	(51)				
			La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu				
		Série de actinídeos	(89)	(90)	(91)	(92)	(93)	(94)	(95)	(96)	(97)	(98)	(99)	(100)	(101)	(102)	(103)				
			Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	Lw					

Figura 2: Tabela Periódica como se apresenta nos dias de hoje. Os números atômicos dos elementos não descobertos estão colocados entre parênteses. Fonte: SEABORG, 1969, p. 68

A LINGUAGEM E O DESENVOLVIMENTO DA CIÊNCIA

A identificação de elementos transurânicos possibilitada pelo desenvolvimento da radioquímica suscitou questões relativas ao trabalho com a

linguagem científica. Fleck considera estas questões de grande importância, pois, para ele, a linguagem

é uma instituição que não só possibilita – mediante seu correto entendimento – uma comunicabilidade e com ela a reprodutibilidade dos conhecimentos científicos, como tem também – por seu “mal entendimento” (esvaziamento do significado) inerente a toda comunicação – uma função positiva no desenvolvimento da ciência. (Schaffer e Schnelle, 1986, p. 34).

Para a compreensão de algumas questões de linguagem relacionadas à nomenclatura dos elementos transurânicos, é imprescindível lembrar que as pesquisas relacionadas com a predição e detecção desses elementos se desenvolveram nos anos 40 do século XX e foram perpassadas e impulsionadas pela ocorrência da II guerra mundial. Para maiores esclarecimentos sobre a influência da história na produção do conhecimento científico, no segundo capítulo de sua obra “A gênese e o desenvolvimento de um fato científico”, Ludwik Fleck trata de aspectos relativos ao *caráter histórico do saber*.

Sendo que a identificação dos novos elementos artificiais era um assunto sigiloso, pois já havia iniciado a II guerra mundial e a utilização de conhecimentos científicos para a produção de uma bomba atômica era latente, Seaborg (1969) relata a respeito desses elementos:

Esses dois elementos transurânicos recebiam apenas a designação de “elemento 93” e “elemento 94” ou então nomes em código, o que foi adotado até a primavera de 1942 quando foram redigidos os primeiros relatórios detalhados sobre os trabalhos correspondentes. Os trabalhos iniciais foram levados a cabo em um ambiente de segredo, em virtude das aplicações militares potenciais do elemento 94. (p. 29)

Apesar do fato de que a circulação *intra-coletiva e inter-coletiva* das idéias fazem parte do desenvolvimento científico, em tempos de guerra, o fazer científico tende a se comportar de maneira parcial. Schaffer e Schelle (1986, p.13, 14) relatam que Fleck, durante sua detenção em campos nazistas, foi encarregado elaborar uma vacina para o tifo e, no entanto, produziu vacinas ineficazes para distribuir à SS. Analogamente, a produção dos elementos transurânicos teve que se dar de maneira sigilosa envolvendo, para isso, linguagens em código:

Durante o ano de 1941, o elemento 94 recebia a indicação, em código, de “cobre”, o que foi perfeitamente satisfatório até que foi necessário introduzir o elemento cobre propriamente dito, em alguns dos experimentos quando então surgiu o problema de distinguir qual dos dois “cobres”. Durante algum tempo, o plutônio continuou a ser chamado de “cobre” e o cobre propriamente dito como “honesto cobre”. Por causa desta simples brincadeira de “nomes” as coisas foram se tornando cada vez mais complicadas e finalmente o elemento 94 foi batizado como “plutônio” em março de 1942. O nome plutônio foi dado por analogia com o planeta Plutão por analogia com o que se fizera com o neptúlio. Plutão é o segundo e último planeta conhecido além de Urano.(p. 30)

A designação dos novos elementos por códigos fazia com que a linguagem desempenhasse papel contrário àquele que tem em tempos não belicosos. Assim, esta assegurava a não comunicabilidade e a não reprodutibilidade de feitos científicos. Os “mal entendidos” provenientes desta ação, ao contrário daqueles explicitados por Fleck, não promoviam o desenvolvimento do conhecimento científico de forma imparcial pelo mundo. Pelo contrário, geravam confusão entre “não iniciados” no código sigiloso.

ALGUMAS POSSIBILIDADES DESTE ENSAIO ...

Durante a elaboração deste trabalho o objetivo sempre presente foi a produção de um texto que, trazendo à tona um posicionamento epistemológico fleckiano, pudesse explorar alguns episódios referentes à extensão da Tabela Periódica dos elementos químicos. Tenho claro que este texto não abrange toda a extensão desta rica história, porém, permite entrever alguns aspectos da dinâmica científica em um período polêmico e de grandes feitos científicos.

A idéia de ciência como um empreendimento realizado por gênios em um determinado campo vem sendo amplamente discutida e revisada. Sabemos hoje em dia que a ciência é bem mais complexa e diversificada do que estas imagens simplistas. Textos que abordam episódios históricos a partir de algum referencial epistemológico podem e devem ser utilizados na licenciatura, a fim de que os futuros professores tenham a experiência da utilização de abordagens históricas. Além disso, a publicação de trabalhos envolvendo episódios históricos pode constituir um acervo de pesquisa para os professores.

Por fim, ensinar *sobre* ciências também é um objetivo da educação científica, para que os estudantes possam ter noção da complexidade e riqueza do empreendimento científico. Diante desse quadro, a sociogênese do conhecimento de Ludwik Fleck, articulada a episódios históricos, como no caso, a síntese de elementos transurânicos e extensão da tabela periódica apresentam ótimas possibilidades de alcançar este objetivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, Ronaldo de Lacerda; SANTOS, Nadja Paraense; MASSENA FILHO, João. **A Tabela Periódica nos livros didáticos brasileiros no final do século XIX.** In: *Atas da 28ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química. Poços de Caldas, MG, 2005.* (CD-ROM)

BARROS, João Henrique Ávila de. **A visão de ciência na proposta curricular de Santa Catarina.** In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 5, 2005, Bauru. *Atas...* Bauru: Associação Brasileira de Pesquisadores em Educação em Ciências, 2005. 1 CD – ROOM.

BROCKINGTON, Guilherme e PIETROCOLA, Maurício. **O ensino de física moderna na escola média: Os modelos e o realismo científico na sala de aula.** In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 5, 2005, Bauru. *Atas...* Bauru: Associação Brasileira de Pesquisadores em Educação em Ciências, 2005. 1 CD – ROOM.

CASTILHO, Nadir ; DELIZOICOV, Demétrio. **Trajetos do sangue no corpo humano: instauração – extensão – transformação de um estilo de pensamento.** In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2, 1999, Valinhos. *Atas...* Associação Brasileira de Pesquisadores em Educação em Ciências.

CASTILHO, Nadir. **História da Ciência e o ensino do sistema sanguíneo humano: a contribuição de Ludwik Fleck.** In: ENCONTRO da ASSOCIAÇÃO DE FILOSOFIA e HISTÓRIA DA CIÊNCIA DO CONESUL, 5, 2006. Florianópolis. *Caderno de Resumos...* Florianópolis: Associação de Filosofia e História da Ciência do Conesul, 2006.

DA ROS, Marco Aurélio. **Fleck e a escola polonesa de filosofia da medicina.** In: ENCONTRO da ASSOCIAÇÃO DE FILOSOFIA e HISTÓRIA DA CIÊNCIA DO CONESUL, 5, 2006. Florianópolis. *Caderno de Resumos...* Florianópolis: Associação de Filosofia e História da Ciência do Conesul, 2006.

DA ROS, Marco Aurélio. *Estilos de pensamento em Saúde Pública: um estudo da produção da FSP – USP e ENSP – FIOCRUZ entre 1948 e 1994, a partir da epistemologia de Ludwik Fleck.* 2000. Tese (Doutorado em Educação) – Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

DELIZOICOV, Demétrio, et al. **Sociogênese do conhecimento e pesquisa em ensino: contribuições a partir do referencial fleckiano.** In: *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, v.19, p. 52-69, 2002.

FLECK, Ludwik. **La gènesis y el desarrollo de un hecho científico.** Tradução de Luís Meana. Madrid: Alianza Editorial, 1986.

Glenn T. Seaborg: The Nobel Prize in Chemistry 1951. Biography. Disponível em: http://nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1951/seaborg-bio.html. From: [Nobel Lectures](#), Chemistry 1942-1962, Elsevier Publishing Company, Amsterdam, 1964.

GRECA, Ileana. **Propuesta didáctica para la enseñanza de la teoría de la relatividad especial contextualizada histórica y epistemológicamente.** In: ENCONTRO da ASSOCIAÇÃO DE FILOSOFIA e HISTÓRIA DA CIÊNCIA DO CONESUL, 5, 2006. Florianópolis. *Caderno de Resumos ...* Florianópolis: Associação de Filosofia e História da Ciência do Conesul, 2006.

GURGEL, Ivã e PIETROCOLA, Maurício. **O papel dos modelos no entendimento dos alunos.** In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 5,

2005, Bauru. *Atas...* Bauru: Associação Brasileira de Pesquisadores em Educação em Ciências, 2005. 1 CD – ROOM.

KRAPAS, Sônia e SILVA, Marcos Corrêa. **O conceito de campo: polissemia nos manuais, significados na física do passado e da atualidade.** In: ENVONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 5, 2005, Bauru. *Atas...* Bauru: Associação Brasileira de Pesquisadores em Educação em Ciências, 2005. 1 CD – ROOM.

LEITE, Rita de Cássia de Almeida ; FERRARI, Nadir ; DELIZOICOV, Demétrio. **A história das leis de Mendel na perspectiva fleckiana.** *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, Bauru, v.1, n.2, p.97 – 108, 2001.

MATTHEWS, Michael. **História, filosofia e ensino de ciências: A tendência atual de reaproximação.** In: *Caderno Catarinense de ensino de física*. 12 (3). 1995.

MARUYAMA, José Antônio; SILVA, Camila Silveira da; COSTALONGA, Ademir G. C. e MARQUES, Rosebelly Nunes. **Desmistificando a Tabela Periódica.** In: *Atas da 28ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*. Poços de Caldas, MG, 2005. (CD-ROM)

MORTIMER, Eduardo Fleury. **Interatividade e dialogia na pesquisa e no ensino de ciências.** In: ENVONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 3, 2001, Atibaia. *Atas...* Atibaia: Associação Brasileira de Pesquisadores em Educação em Ciências, 2005. 1 CD – ROOM.

OSÓRIO, Viktória Klara Lakatos; PORTO, Paulo Alves; TIEDEMANN, Peter Wilhelm e CORIO, Paola. **Primo Levi e a Tabela Periódica: Explorando possibilidades didáticas de um texto literário.** In: *Atas da 28ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*. Poços de Caldas, MG, 2005. (CD-ROM)

OSTERMAN, Fernanda e PRADO, Sandra Denise. **A física quântica como uma tradição de pesquisa: uma análise a partir da epistemologia de Larry Laudan.** In: ENVONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 5, 2005, Bauru. *Atas...* Bauru: Associação Brasileira de Pesquisadores em Educação em Ciências, 2005. 1 CD – ROOM.

PEREIRA, Marcus Vinícius e CARDOSO, Tereza Levy. **O conceito de calor nos livros didáticos de física.** In: ENVONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 5, 2005, Bauru. *Atas...* Bauru: Associação Brasileira de Pesquisadores em Educação em Ciências, 2005. 1 CD – ROOM.

PERRELLI, Maria Aparecida de Souza e GIANOTTO, Dulcinéia Éster Pagani. **Percepção de professores universitários sobre a iniciação científica: uma análise a partir de Pierre Bourdieu e Thomas Kuhn.** In: ENVONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 5, 2005, Bauru. *Atas...* Bauru: Associação Brasileira de Pesquisadores em Educação em Ciências, 2005. 1 CD – ROOM.

SCHAFFER, Lothar e SCHNELLE, Thomas. **Los fundamentos de la vision sociológica de Ludwik Fleck de la teoria de la ciência.** In: FLECK, Ludwik . *La gènesis y el desarrollo de um hecho científico*. Tradução de Luís Meana. Madrid: Alianza Editorial, 1986.

SCHEID, Neusa Maria John; FERRARI, Nadir e DELIZOICOV, Demétrio. **A construção coletiva do conhecimento científico sobre a estrutura do DNA.** In: *Ciência & Educação*, v. 11, n. 2, p. 223 – 233, 2005.

SCHEID, Neusa Maria John; FERRARI, Nadir. e DELIZOICOV, Demétrio. **Ensino da genética contemporânea: contribuições da epistemologia de Fleck.** In: ENVONTRO

NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 5, 2005, Bauru. *Atas...* Bauru: Associação Brasileira de Pesquisadores em Educação em Ciências, 2005. 1 CD – ROOM.

SEABORG, Glenn. **Some Recollections of Early Nuclear Age Chemistry.** *Journal of Chemical Education*, v. 45, nº 05, p. 278 – 303, May, 1968.

SEABORG, Glenn. **Prospects for Further Considerable Extension of the Periodic Table.** *Journal of Chemical Education*, v. 46, nº 10, p. 626 – 634, October 1969.

SEABORG, Glenn. **Os elementos transurânicos sintetizados pelo homem.** Tradução: Fausto W. Lima. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda, 1969.

SEGRÈ, Emílio. **Dos raios X aos quarks: Físicos modernos e suas descobertas.** Tradução: Wamberto YH. Ferreira. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1987.

STRATHERN, Paul. **O sonho de Mendeleiev: a verdadeira história da química.** Tradução: Maria Luiza X. de A. Borges. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2002.

SILVA, Alzira Suellen Kalil Pereira; SANTOS, Leisiani Maria Batista dos; MIRANDA, Paulo César M. de Lacerda e GIACOMINI, Rosana A. **Jogo educativo sobre a tabela periódica como um recurso didático no ensino de química no nível médio.** In: *Atas da 28^a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química. Poços de Caldas, MG, 2005.* (CD-ROM)

TESSER, Charles Dalcanale. **Da biociência às tradições de cura: um enfoque epistemológico para medicinas complexas.** In: ENCONTRO da ASSOCIAÇÃO DE FILOSOFIA e HISTÓRIA DA CIÊNCIA DO CONESUL, 5, 2006. Florianópolis. *Caderno de Resumos ...* Florianópolis: Associação de Filosofia e História da Ciência do Conesul, 2006.

VALENTE, Lígia; BARCELLOS, Marcília e ZANETIC, João. **Problematizando o ensino de física moderna a partir das várias “teorias gravitacionais”.** In: ENVONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 5, 2005, Bauru. *Atas...* Bauru: Associação Brasileira de Pesquisadores em Educação em Ciências, 2005. 1 CD – ROOM.