

Um Estudo da Cinética Química nos Livros Didáticos dirigidos ao Ensino Médio.

Simone Alves de Assis Martorano¹ (PG)*, Maria Eunice Ribeiro Marcondes (PQ)². simonemt@iq.usp.br.

^{1*} e ² Instituto de Química, Universidade de São Paulo, C.P: 26077; CEP: 05513-970

Palavras Chave: Livros didáticos, Cinética Química, filosofia da ciência.

Introdução

O presente estudo é parte da pesquisa de mestrado em andamento de uma das autoras (SAAM), que tem como objetivo analisar nos livros didáticos de química, dirigidos ao ensino médio, como o conhecimento científico, dentro do tema cinética química, é desenvolvido no decorrer de um certo período de tempo e como este conhecimento foi sendo adaptando para atender as necessidades cognitivas dos alunos, analisando-se, principalmente, o modelo teórico utilizado para explicar a velocidade das reações químicas e a influência da concentração e da temperatura sobre a mesma. O modelo adotado para a análise dos livros didáticos está baseado na linha de pesquisa desenvolvida por Níaz¹ para entender conceitos químicos.

Atualmente, segundo Níaz¹, pesquisas em ensino de química reconhecem a necessidade de facilitar a compreensão de estudantes de diferentes conceitos. O autor acredita que a reconstrução histórica de progressos científicos que conduzem, inevitavelmente a controvérsias e debates pode despertar o interesse dos estudantes e facilitar compreensão de conceitos químicos. Em contraste, currículos de química em geral e livros didáticos não só ignoram o contexto no qual ciência progride, mas também enfatizam roteiros de aprendizagem e estratégias algorítmicas.

O tema cinética química foi escolhido porque proporciona ao aluno o entendimento da velocidade de uma reação química, e dos fatores que a determinam ou a modificam, mas, além disso, leva ao entendimento do mecanismo (ou caminho) de uma reação.

Com respeito à projeção da cinética na vida real e no meio ambiente, segundo Pitombo¹¹, existem vários exemplos. Nos processos industriais em distintas direções tais como a obtenção de produtos químicos, medicamentos, as evidências proporcionadas pelos estudos cinéticos, tem permitido melhorar rendimentos com o conseqüente abaixamento nos custos. De outro lado, no organismo humano se verificam uma série de processos que seguem um caminho cinético de acordo com um propósito superior: manter as

condições ótimas para a preservação da vida. E isto se projeta, é claro, a todos os seres vivos.

Atualmente o conteúdo da cinética química é apresentado nos livros didáticos tradicionais, dirigidos ao ensino médio, dividido em quatro partes, às vezes, variando-se somente a ordem de apresentação: estudo da velocidade das reações químicas, condições necessárias para que uma reação química possa ocorrer, fatores que influem na velocidade das reações químicas e catálise. Neste trabalho optou-se por analisar o conteúdo referente ao modelo teórico utilizado para explicar a velocidade das reações químicas e a influência da concentração e da temperatura sobre a velocidade da reação.

Escolheu-se como objeto de estudo o livro didático, por ele ser ainda muito utilizado pelo professor no processo de ensino-aprendizagem. Admitiu-se neste trabalho, que na transposição didática, os conceitos químicos não deveriam ser despersonalizados, e retirados do contexto em que foram elaborados. Mas isso é o que ocorre, segundo Lopes³, em muitos livros didáticos, nos quais o conteúdo aparece como um saber sem produtor, sem origem, sem lugar, transcendente ao tempo, como se pode verificar na falta de referências bibliográficas e históricas.

Metodologia

Neste trabalho será apresentada a análise de onze livros didáticos de química do período que compreende os anos de 1929 a 1980.

Neste trabalho optou-se por analisar exclusivamente os livros didáticos brasileiros, não limitando, porém a análise aos livros mais utilizados no ensino de química, mas estendendo-a também àqueles que possuem propostas de ensino diferenciadas, para que se possa ter uma idéia mais ampla dos materiais didáticos que estão disponíveis, durante o período de tempo estudado, ao ensino de química.

O período de 1929 a 1980 foi escolhido por atender ao objetivo proposto anteriormente que é o de se verificar como o conhecimento científico é apresentado ao aluno ao longo de um período maior de tempo.

Foi utilizada a idéia de reconstrução racional da história, em que inicialmente reconstrói-se a parte concernente ao desenvolvimento do conhecimento científico objetivo. Isso foi feito, procurando-se, na história do desenvolvimento da cinética química, programas de investigação concorrentes e alterações progressivas e degenerativas. Metodologia de Lakatos².

A metodologia de Lakatos da competição de programas de pesquisa, junto com a história da ciência, tem sido utilizada em importantes pesquisas no ensino de Química (Justi, 1997, 1999; Níaz, 1994, 2001) e segundo Níaz¹, ela provê um instrumento útil para ajudar na reconstrução dos conhecimentos científicos dos estudantes e professores de ciência.

A partir do estudo do desenvolvimento histórico da cinética química, feito através de livros de historiadores da ciência^{4,5,6} e artigos originais dos cientistas^{7,8,9}, foram identificados quatro Programas de Investigação Científica, que apresentam a seguinte estrutura:

Núcleo duro:

Conjunto de teorias aceitas, na sua época, pela comunidade científica. É formado pelo modelo teórico que explica a velocidade de uma reação química considerando o entendimento dos aspectos microscópicos da mesma (*Como se pode explicar, em termos moleculares, a velocidade de uma reação química?*)

Heurística positiva:

Conjunto de regras e hipóteses auxiliares que permitem orientar a investigação. É formada por questões que envolvem o entendimento de como certos fatores, como a concentração das substâncias reagentes e a temperatura, podem influenciar na velocidade de uma reação química, sendo que tais influências devem ser explicadas pela teoria do núcleo do programa de investigação.

Pode-se observar no desenvolvimento histórico da cinética química, que em vários momentos, com o intuito de resolver algum problema específico, eram propostas pelos cientistas novas teorias que possuíam um poder explicativo maior que as teorias anteriores, e assim essas novas teorias substituíam as antigas. Portanto, considera-se, neste trabalho que um programa de investigação suplanta o anterior, quando apresenta explicações mais amplas sobre as velocidades das reações químicas (núcleo do programa).

Os quatro programas de pesquisa encontrados, ao longo do desenvolvimento dos conhecimentos sobre cinética química estão descritos resumidamente, a seguir:

I-Programa de Investigação Científica de Wilhelmy, Hartcourt, Esson e Berthelot (1850-1867):

Nesse período a cinética química era quase que completamente um assunto empírico, sendo pequeno o entendimento sobre como a velocidade da reação poderia ser interpretada em termos de movimentos moleculares.

Núcleo duro:

A velocidade de uma reação química depende da interação entre as partículas. Portanto, quanto maior o número de encontros entre as partículas, maior a velocidade de uma reação química.

Heurística positiva:

Efeito da concentração: A velocidade da reação é proporcional ao número de partículas que estão reagindo num dado tempo. Uso do cálculo diferencial e integral para obter equações que relacionam a velocidade uma reação química com a concentração dos seus reagentes, determinando-se assim expressões que relacionavam as quantidades de produtos formados em função do tempo.

Efeito da temperatura: A temperatura pode influir na velocidade de uma reação química, mas não existe um entendimento de como isto ocorre.

Este programa foi de grande importância na cinética química, pois nele a velocidade de uma reação começou a ser estudada de forma quantitativa, sendo que a união da química com a matemática possibilitou, aos cientistas, realizarem previsões mais precisas das velocidades das reações.

II-Programa de Investigação Científica de Pfundler e Van't Hoff (1872-1888):

O programa anterior foi suplantado por esse programa, porque apresentava, principalmente, explicações mais amplas, em termos moleculares, da velocidade de uma reação, pois incluía o conceito de energia.

Núcleo duro:

Somente as moléculas que possuem mais que uma energia crítica E (definida na lei de Maxwell como sendo igual a $\exp(-E/RT)$), podem reagir. A velocidade é proporcional ao número de moléculas que possuem quantidade de energia superior à energia crítica.

Heurística positiva:

Efeito da concentração: Introdução do método diferencial para análise de resultados cinéticos e determinação da ordem de uma reação química:

$$v = k c^n \text{ onde } k = A e^{-E/RT}$$

Efeito da temperatura: Um aumento de temperatura causa um acréscimo na frequência de choques de moléculas reativas o que dá origem a um aumento na velocidade da reação química.

Os químicos, levando em consideração a concentração e a temperatura, na hora de determinar a lei de velocidade de uma reação, perceberam que o valor calculado era muito maior que o valor determinado experimentalmente. Esse problema só foi resolvido posteriormente, no próximo programa.

III-Programa de Investigação Científica de Lewis, Ostwald e Arrhenius (1889-1920):

Núcleo duro:

Uma reação química, envolvendo a quebra e a formação de ligações, pode ser causada por colisões entre moléculas que não somente possuem uma quantidade de energia suficiente, mas que também vem junto com uma apropriada “orientação espacial” (Teoria da colisões).

Heurística positiva:

Efeito da concentração: Introdução do termo ordem de uma reação no lugar da “molecularidade” de Van't Hoff. Introdução do método de isolamento, e da idéia de *meia vida* de um reagente.

Efeito da temperatura: Um mínimo de energia é necessário para a ocorrência de uma reação está associado com uma “barreira de energia” (E_a , energia de ativação) para aquela reação. A constante de velocidade adquire o seguinte significado:

$$k = A e^{-E_a/RT}$$

esta equação é conhecida atualmente como equação de Arrhenius, mas ela foi desenvolvida por Van't Hoff.

Durante os anos de 1920 e 1930, importantes trabalhos experimentais em cinética foram realizados com base na interpretação da teoria da colisão. Contudo, foi percebido depois que havia muitas reações, particularmente algumas envolvendo reagentes moleculares de grande complexibilidade, para as quais eram grandes as discrepâncias entre os valores calculados e observados (experimentais). Foi necessário então, o desenvolvimento de teorias mais sofisticadas.

IV-Programa de Investigação Científica de Tolman, Eyring, Polanyi, e Evans (1931-1935):

Núcleo duro:

Durante a reação química a energia potencial aumenta à medida que os reagentes se aproximam. O complexo ativado de uma reação é a configuração onde o ponto de energia potencial é o mais alto, ali as moléculas chegam a um grau de proximidade e distorção tais que qualquer distorção adicional as leva em direção aos produtos (Teoria do Estado de transição).

$\text{Velocidade} = (\text{concentração do complexo ativado}) (\text{frequência de decomposição do complexo ativado})$

Heurística positiva:

Efeito da concentração: Uso da superfície de energia potencial para calcular a concentração dos reagentes. O complexo ativado, é considerado como estando em um estado de quasi-equilíbrio com os reagentes, de forma que suas concentrações podem ser calculadas. A velocidade da reação é proporcional à concentração do complexo ativado.

Efeito da temperatura: A energia de ativação adquire um novo significado. De acordo com Teorema de Tolman a energia de ativação por molécula ($E_a = E_a / L$) é dada por:

$E_a = (\text{energia média de todas as moléculas capazes de reagir}) - (\text{energia média de todas as moléculas reativas}).$

Quanto menor for a energia de ativação do complexo ativado, maior será a velocidade da reação.

Resultados e Discussão

Análise dos livros didáticos: Foram analisados três livros de uma época de edição (1929 a 1932), dois da década de quarenta, um livro da década de cinquenta, três do período de 1966 a 1968, um do final da década de setenta, e um da década de oitenta. Os livros de 1954 e 1980 são do mesmo autor.

A tabela 1 apresenta uma síntese dos resultados obtidos, considerando-se os três aspectos analisados e a aproximação aos programas de pesquisa.

Observa-se na tabela 1 que os autores dos livros didáticos dos anos 1931, 1932, 1954 e 1968, não apresentam uma explicação em termos energéticos, da velocidade de uma reação química. Para explicar a interação entre partículas ainda se encontra no livro de 1932 o conceito de afinidade, que é definida como sendo a força seletiva de união que há entre os elementos. Esta idéia de *força seletiva de união*⁵ surgiu no século dezoito, quando R. Boyle e I. Newton, entre outros, propuseram a idéia de que a matéria era constituída de pequenas partículas invisíveis. A reação química era então entendida como um processo no qual partículas elementares interagem com outras como resultado de suas

afinidades químicas. Esta foi a primeira vez, segundo Justi e Gilbert⁴ que a origem de uma “força” que provoca uma reação química foi vista para ser relacionada com as características das partículas, ou originadas delas. No começo do século dezenove a idéia de afinidade foi sendo substituída pela idéia de interação, portanto uma reação química ocorreria devido à interação das partículas que estão reagindo.

Tabela 1. Identificação dos Programas de Investigação Científica nos livros didáticos (1929-1980).

Livro Didático/ Ano	Programas de Investigação Científica (PIC)		
	Núcleo: Explicação, em termos moleculares, da velocidade de uma reação química.	Explicação de como a velocidade de uma reação química, depende das concentrações das substâncias reagentes.	Explicação da influência da temperatura na velocidade de uma reação química.
1/1929	PIC-I	GW	A
2/1931	A	PIC-II	PIC-I
3/1932	A	PIC-I	A
4/1942	PIC-II	GW	PIC-II
5/1946	PIC-II	GW	PIC-II
6/1954	A	GW	PIC-I
7/1966	PIC-I	GW	PIC-I
8/1967	PIC-IV	PIC-III	PIC-IV
9/1968	A	GW	A
10/1977	PIC-IV	PIC-III	PIC-IV
11/1980	PIC-I	GW	PIC-II
Total=11	PIC-I= 3 PIC-II= 2 PIC-IV= 2 A= 4	PIC-I= 1 PIC-II= 1 PIC-III=2 GW= 7	PIC-I= 3 PIC-II= 3 PIC-IV= 2 A= 3

Nota: PIC-I: Programa de Investigação Científica de Wilhelmy, Hartcourt, Esson e Berthelot (1850-1865); PIC-II: Programa de Investigação Científica de Pfaundler e Van't Hoff (1872-1888); PIC-III: Programa de Investigação Científica de Lewis, Ostwald e Arrhenius (1889-1920); PIC-IV: Programa de Investigação Científica de Tolman, Eyring, Polanyi, e Evans (1931-1935); GW: Lei Guldberg-Waage (1864); A: indica a ausência da explicação teórica no livro didático.

Somente nos livros didáticos de 1967 e 1977 foram identificadas explicações da velocidade de uma reação química, em termos moleculares, coerentes

com o programa de investigação científica mais atual (Tolman, Eyring, Polanyi, e Evans; 1931-1935):

“As moléculas devem colidir com uma certa energia cinética para que o choque seja aproveitável. Logo após a colisão, forma-se uma associação mais complexa que as duas moléculas iniciais que armazena por algum tempo, geralmente muito curto, a energia cinética. Este arranjo instável se decompõe, dando origem aos produtos”.(1977, p.64).

Quanto à influência da concentração na velocidade de uma reação química sete livros usam a lei de Guldberg-Waage para explicá-la.

"Numa dada temperatura a velocidade de uma reação química é diretamente proporcional ao produto das concentrações molares (moles/litro) dos reagentes, elevadas a potências iguais aos respectivos coeficientes na equação da reação".

Figura 1 – Enunciado da Lei de Guldberg-Waage. (1980; p.161).

*“A influência da concentração na velocidade das reações, se encontra **claramente expressa** na lei da ação das massas ou **lei de Guldberg e Waage (1864)**, que pode ser enunciada da seguinte maneira: a velocidade de uma reação é proporcional molecular de cada um dos reagentes.”* (1946;p.372)

Em 1864, dois cientistas noruegueses, Guldberg e Waage, propuseram uma relação para determinar a velocidade de uma reação, mas partindo de premissas diferentes.

Enquanto que, no primeiro Programa de Investigação os cientistas tinham em foco o curso de uma reação química, os seus estudos tinham o foco na idéia de ação de forças químicas (afinidade). Portanto, eles adotaram parte da teoria de Berthollet (1801-1803) sobre as forças químicas efetivas de um processo químico serem dependentes das massas. Neste ponto é importante considerar que existem controvérsias entre cientistas e filósofos da ciência em relação à aceitação do trabalho de Guldberg e Waage, segundo Justi⁴, alguns deles consideram que o trabalho deles inaugurou a cinética química, enquanto outros explicitamente negam que eles fizeram alguma contribuição para a cinética química.

A Lei de Guldberg-Waage é utilizada pela maioria dos livros didáticos para explicar a influência da concentração na velocidade de uma reação. Uma possível explicação que pode ser dada ao seu uso pelos livros didáticos é que esta lei substituiria a explicação de Van't Hoff (empírica) que utiliza o cálculo diferencial para obter a lei da velocidade,

facilitando assim o cálculo que os alunos teriam que realizar para determinar o valor da velocidade de uma reação química.

Uma diferença importante entre as duas equações é que na de Van't Hoff a ordem é determinada experimentalmente, enquanto que a ordem na Lei de Guldberg-Waage é determinada pela soma dos coeficientes estequiométricos de uma reação. Então a lei de Guldberg-Waage somente seria correta, segundo Pereira (2004), quando a reação química ocorresse conforme esta escrita, que corresponde a se afirmar que se trata de uma etapa elementar do mecanismo. Mas, mesmo colocando-se limitações ao uso da Lei de Guldberg-Waage, corre-se o risco de o aluno poder ficar com a idéia de que esta é uma lei geral que pode ser aplicada a todas reações químicas.

Observa-se que nos livros de 1946 e de 1954 os conceitos de molecularidade e ordem de uma reação já estão presentes.

Estes conceitos não foram apresentados pelos livros de anos anteriores. O entendimento desses conceitos, segundo Justi⁴, possibilitou um grande desenvolvimento na cinética química, pois os estudos cinéticos começaram a dirigir suas atenções ao curso de uma reação química.

“A molecularidade de uma reação informa qual o número de moléculas que tomam parte em cada ato que conduz a reação, enquanto que a ordem de uma reação mostra qual o número de moléculas cujas concentrações determinam a velocidade da reação.” (1946;p374);

“Reação de ordem n, é aquela cuja velocidade depende da concentração de n moléculas reagentes nas proporções mínimas em que a reação se realiza”.(1954; p.376);

“consideremos uma reação, representada pela equação geral: $aA + bB + cC \dots ? mM + nN + pP$

chama-se molecularidade m da reação a soma $a+b+c+\dots$. Em muitos casos a ordem da reação é igual a sua molecularidade.” (1954;p.376)

Mas o termo ordem encontrado nestes dois livros esta relacionada ao coeficiente estequiométrico de uma reação, portanto, os autores não colocam o fato de a ordem ser determinada experimentalmente.

Nos livros de 1942 e 1946 já aparece um modelo teórico que explica a influência da temperatura, que é de que um aumento de temperatura causa um acréscimo na frequência de encontros das moléculas reativas (PIC-II), mas logo em seguida, nos livros de 1954 e de 1966, esse entendimento não aparece.

“.....a elevação da temperatura ativa às moléculas, isto é, aumenta as suas possibilidades de reação.” (1942;p.90).

“A elevação da temperatura, afrouxa, até romper, a união que mantém os átomos na estrutura da molécula, facilitando, conseqüentemente, a formação de novas moléculas”.(1942; p.90).

Somente nos livros de 1967 e 1977, encontram-se as explicações mais atuais, que é a do quarto programa de investigação (Tolman, Eyring, Polanyi, e Evans; 1931-1935), onde já se relaciona a energia de ativação com a formação do complexo ativado:

“A energia de ativação é a energia necessária para transformar os reagentes no complexo ativado”.(1967;fig.2).

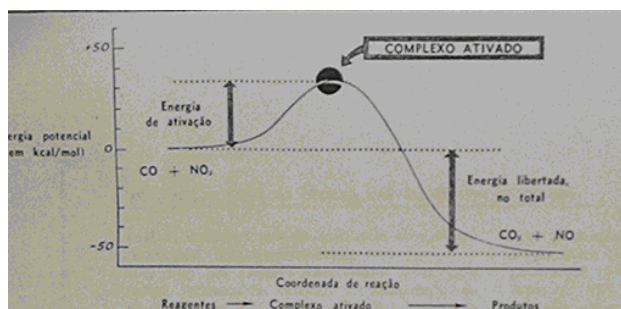


Figura 2- Diagrama da energia potencial para a reação: $CO_{(g)} + NO_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + NO_{(g)}$ (1967;p.140).

Pode-se observar em alguns livros analisados, que não há coerência entre a teoria (núcleo) que explica a velocidade, em termos moleculares, e as explicações dadas para a dependência da temperatura e da concentração na velocidade da reação (heurística). Por exemplo, os livros de 1942 e de 1946 explicam a velocidade em termo de interações entre partículas, que possuem um valor de energia acima do valor crítico (PIC-II), mas, o efeito da concentração é explicado pela Lei de Guldberg-Waage, que não trabalha com a idéia de interação, mas sim com a idéia de ação de forças químicas (afinidade).

Nos livros de 1954 e de 1980, que são do mesmo autor, observou-se uma pequena evolução dos conceitos, a mudança principal é na explicação da influência da temperatura que era:

“Uma elevação de $10^{\circ}C$ na temperatura de uma reação duplica ou triplica a sua velocidade”.(1954, p.372).

Passou a ser:

“A elevação da temperatura produz um aumento na energia cinética das moléculas dos reagentes e, portanto, um aumento de sua velocidade. Com isso, as colisões serão mais violentas, e haverá aumento de velocidade da reação”.(1980; p.152).

Mas, a explicação da influência da concentração, continuou sendo feita, pelo autor destes livros, pela Lei de Guldberg-Waage (fig.1).

A explicação em termos moleculares, dada pelo autor (1980) é:

“O aumento do número de colisões por unidade de tempo entre as partículas reagentes, aumentará a velocidade da reação (TEORIA DA COLISÃO)”.(1980;p.156).

Mas, embora ele cite a Teoria das colisões, não há indicação da necessidade da molécula ter uma orientação espacial adequada para que a colisão seja considerada efetiva, e nem indica a necessidade de uma quantidade mínima de energia, portanto a explicação fornecida pelo livro didático é coerente com a do primeiro programa (Wilhelmy, Hartcourt, Esson e Berthelot;1850-1865).

Quanto à estrutura do livro didático pode-se observar que os livros de 1929, 1931 e 1932, não possuem um capítulo próprio de cinética química. Neles a velocidade de reação química encontra-se dentro do tópico relativo ao estudo das reações químicas. Somente a partir de 1942 é que os livros começam a apresentar, na sua estrutura de tópicos, um capítulo específico para a cinética química.

Um ponto em comum nos livros de 1929 até o de 1966, é que neles não se encontram atividades para os alunos realizarem como experimentos e exercícios, esses só começam a aparecer a partir de 1967. Portanto, pode-se dizer que o livro didático deixa de ser apenas um material para consulta, apresentando uma nova função, pelo menos mais explicitamente clara, que é a de ensinar conceitos científicos aos alunos, ai entram então os exercícios e os experimentos tendo como um dos objetivos a facilitação da compreensão de conceitos.

Apenas os livros de 1967 e 1977, apresentam o conhecimento, relativo a cinética química, mais completo e atualizado. Esses livros apresentam propostas de ensino que os diferenciam do demais, baseadas principalmente na experimentação:

“Durante o estudo, o aluno é convidado a observar sistemas químicos em interação, sendo que, para tanto, vai recebendo, à medida do necessário, o instrumental adequado e as explicações de como utilizá-lo. De suas observações e conclusões se obtêm modelos para a realidade”.(1977, p. VII).

Outro ponto em comum nestes livros é que eles foram elaborados através de um trabalho conjunto de professores e de pesquisadores.

Conclusões

No desenvolvimento da cinética química, a experimentação sempre esteve presente. O avanço

das técnicas experimentais proporcionou um maior entendimento principalmente do mecanismo das reações químicas. Mas, ao lado deste desenvolvimento empírico, houve um grande avanço no entendimento microscópico da velocidade de uma reação.

Segundo Vincent e Stengers⁶, a cinética é uma hipótese realista. Implica que as moléculas dos químicos sejam efetivamente reconhecidas como entidades discretas, susceptíveis de movimento, de colisão, ou seja, de comportamento individuais. Portanto, desde o início dos estudos das velocidades das reações químicas está presente à visão microscópica do processo, isto é, os cientistas sempre propõem explicações para a velocidade em termos moleculares. Portanto pode-se presumir que no ensino de cinética química, esses dois aspectos (teórico/empírico) devem estar presentes, para que o aluno possa ter um entendimento maior sobre a velocidade de uma reação química e os fatores que influenciam esta velocidade.

Na evolução dos Programas de Investigação Científica, houve, com o passar dos anos, um aumento gradual no entendimento da velocidade de uma reação. Esse aspecto não foi observado na maioria dos livros didáticos, onde se encontrou até o ano de 1980, ou a ausência de teorias ou teorias mais antigas, para explicar a velocidade de uma reação e os fatores que a influenciam. Por exemplo, os livros de 1954, 1966, 1966 e 1980, já foram editados na época em que os conhecimentos sobre cinética química, presentes no quarto programa, já estavam disponíveis a pelo menos vinte anos, mas observou-se que o conteúdo apresentado por estes livros não é coerente com o conhecimento científico de sua época. Isto nos leva a inferir que o progresso do conhecimento científico e a adaptação destes aos livros didáticos para atender as demandas cognitivas dos alunos, nem sempre são coerentes com o conhecimento científico já disponível em sua época.

Agradecimentos

As pessoas que me proporcionaram o acesso a vários livros didáticos.

¹ Niaz, Mansoor. How Important are the Laws of Definite and Multiple Proportions in Chemistry and Teaching Chemistry?-A History and Philosophy of Science Perspective. *Science & Education* (10), **2001**, p. 243-266.

² Lakatos, Imre. História da ciência e suas reconstruções racionais. Biblioteca de filosofia contemporânea; **1998**. Edições 70.

³ Lopes, R. C. Alice. Conhecimento escolar: ciência e cotidiano. Cap. VII- Processo de mediação (ou transposição) didática. **1999**. p.201-220. Ed. UERJ.

⁴ Justi, Rosária e Gilbert, John K.; History and Philosophy of Science Through Models: The Case of Chemical Kinetics. *Science and Education*; **1999**, 8; p.287-307.

⁵ Laidler, K. J.; The World of Physical Chemistry. **1993**. p.233-283. Oxford Univ. Press.

⁶ Vincent B., Bernadete; Stengers, Isabelle. História da Química. Instituto Piaget. **1992**. p.309-345.

⁷ Lewis, W. C. M. Studies in Catalysis. Part IX. The Calculation in Absolute Measure of Velocity Constants and Equilibrium Constants in Gaseous Systems. *Journal of the Chemical Society*, 113; **1918**. p.471-491.

⁸ P. Waage and C.M. Guldberg. Studies Concerning Affinity. Henry I. Abrash, Translator. California State University, Northridge, CA. 91330. **2000**.

⁹ Ludwig Ferdinand Wilhelmy .The Law By Which the Action of Acids on Cane Sugar Occurs. Excerpt from Poggendorf's *Annalen der Physik und Chemie* 81, 413-433, 499-526 (1850) [from Henry M. Leicester and Herbert S. Klickstein, eds., *A Source Book in Chemistry, 1400-1900* (Cambridge, MA: Harvard, **1952**)

¹⁰ Pereira Netto, J. C. *Reflexões sobre conceitos da cinética química e equilíbrio químico*. Ed. do autor. p.1-40. **2004**.

¹¹ Pitombo, Luiz Roberto. Cinética Química. Nuevos temas de química em la enseñanza secundaria. UNESCO. p.31-78. **1974**.

Livros didáticos:

1-Noções Succintas de Chimica Philosophica.Dr. Oliveira de Menezes. 4ª. Edição.Jacinto Ribeiro dos Santos–Editor. , **1929**.Rio de Janeiro.

2-Apontamentos de Chimica Geral.Miguel Tenório D'Albuquerque.Jacinto Ribeiro dos Santos –Editor, **1931**.Rio de Janeiro.

3-Curso Geral de Química.Pe. Ignácio Puig S. J. , **1932**.Edição da Livraria do Globo-Porto Alegre.

4- Química. 3º. Volume. 1942.Carlos Costa e Carlos Pasquale.

5-Química - 3º Livro -Ciclo Colegial..Paulo Décourt, **1946**.Edições Melhoramentos -São Paulo.

6- Química para o terceiro ano colegial (curso científico), 2ª. Edição.Geraldo Camargo de Carvalho, Waldemar Saffioti.Companhia Editorial Nacional. **1954**.São Paulo.

7-Química. Terceira Série.Curso Colegial. 9ª. Edição, **1966**.Irmão Firmino Bonato.Editora F. T. D. S/A- São Paulo.

8- Química. Uma ciência experimental. Volume 1, **1967**. Texto organizado pelo Chemical Educational Material Study. EDART- São Paulo- Livraria Editora LTDA.

9- Físico - química. Volume 3. **1968**.Ricardo Feltre, Setsuo Yoshinaga.

10- Química dos experimentos as teorias. Volume 2, Yvone Mussa Esperidião, Náides de Cerqueira e Silva Alves de Lima. **1977**. Companhia Editora Nacional -São Paulo.

11- Química Moderna. Terceiro Volume.Geraldo Camargo de Carvalho. , **1980**. Livraria Nobel - São Paulo.