

A Transposição Didática do Conteúdo de Cinética Química: Do Saber Científico ao Saber Ensinado

The Didactic Transposition of Kinetic Content Chemistry: From Scientific Knowledge to Know Taught

Priscila do Nascimento Silva

Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE.
priscilnascimento@yahoo.com.br

Flávia Cristiane Vieira da Silva

Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE.
Flavia.cristianevs@gmail.com

José Euzébio Simões Neto

Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE.
euzebiosimoes@gmail.com

Resumo

O processo de transposição didática pode ser entendido como o conjunto de modificações que o saber é submetido, da esfera acadêmica (saber científico) para o âmbito escolar, em duas etapas: externa (produz o saber a ser ensinado) e interna (produz o saber ensinado). Neste trabalho, analisamos inicialmente a fase externa da transposição, observando modificações que o saber é submetido até chegar a sala de aula, para o conteúdo de cinética química. Em seguida, procuramos identificar a relação de três professores do Ensino Médio com este conteúdo através de entrevistas, em busca de evidências do trabalho intramuros da sala de aula, na etapa interna da transposição. Identificamos um grande número de supressões e a ocorrência de acréscimos e criações didáticas. Ainda, foi possível observar que a relação do professor ao saber determina o tempo de ensino do conteúdo e as estratégias didáticas utilizadas em sua prática.

Palavras chave: transposição didática, cinética química, ensino de química.

Abstract

The didactic transposition process can be understood as a set of changes that knowledge is submitted, from the academic sphere (scientific knowledge) to the school environment, in two stages: external (produces the knowledge to be taught) and internal (produces taught knowledge). In this work, initially analyzed the external phase of transposition, noting changes that knowledge is submitted until you reach the classroom, to the content of chemical Kinect. Next, we seek to identify the relationship of three high school teachers with this content, using interviews, searching for evidence of intramural work of the classroom, in the internal stage of the transposition. We have identified a large number of deletions and occurrence of additions and didactic creations. Still, it was observed that the relation teacher

to knowledge determines the teaching time and of content and the teaching strategies used in their practice.

Key words: didactic transposition, chemical kinetics, chemistry teaching.

Introdução

O saber científico, que é tratado nas universidades e centros de pesquisas, não é igual ao trabalhado nas escolas, local no qual se apresenta modificado, através de um processo chamado transposição didática, apresentado por Yves Chevallard, no âmbito da didática da matemática francesa.

O estudo desse fenômeno possibilita analisar a trajetória que se cumpre desde a produção do saber científico até o momento em que este se transforma em objeto de ensino. Para Chevallard (1991), existem três tipos de saber envolvidos no processo de transposição didática: saber científico (ou saber sábio), saber a ser ensinado (ou saber a ensinar) e saber ensinado. As transformações entre esses saberes, aos pares, representam os dois processos de transposição existentes: **transposição didática externa** (TDE) e **transposição didática interna** (TDI). O primeiro transforma o saber científico em saber a ser ensinado, resultando no texto do saber (no Brasil, geralmente livros didáticos), enquanto que o segundo transforma o saber a ser ensinado em saber ensinado, produzindo o novo texto do saber.

Durante o processo de transposição surgem modificações significativas na estrutura do saber, tais como acréscimos, deformações, supressões e criações didáticas. De acordo com Brito Menezes (2006), essas modificações constituem um conjunto de transformações as quais um saber é submetido até chegar a sala de aula, sendo essencial que exista uma vigilância epistemológica, para que tais modificações não culminem na desfiguração do saber original, de maneira que o saber a ser ensinado deixe de ser coerente ao saber científico, o que pode gerar obstáculos à aprendizagem.

O conteúdo escolar não pode ser concebido apenas como uma simplificação do saber científico. Ele precisa ser um colaborador na abrangência do conhecimento científico, acompanhado de clareza e dados suficientes à compreensão correta dos conceitos. De fato, existe uma diferença de natureza e intencionalidade entre o saber científico e o saber escolar: No contexto científico, o pesquisador, quando da criação de uma lei ou teoria, “despersonaliza, descontextualiza e destemporiza o máximo possível seus resultados” (BROUSSEAU, 1999, p. 37), sendo atribuição do professor realizar o papel inverso, ou seja, ele tem a função de recontextualizar e repersonalizar esse saber.

É importante ressaltar alguns fatores importantes, como a gestão do tempo: o **tempo de ensino** que é previamente estabelecido pelo calendário acadêmico ou escolar, o **tempo de aprendizagem**, que é o tempo que o saber fica efetivamente em cena no jogo didático (CHEVALLARD, 1991) e o **tempo do professor**, relacionado com a dilatação ou restrição do tempo que cada saber fica em cena (CÂMARA DOS SANTOS, 1997).

Na abordagem do conteúdo de cinética química, as atividades didáticas muitas vezes são baseadas em aulas expositivas, que não consideram os conhecimentos prévios e cotidianos dos estudantes, o que torna o ensino deste tópico abstrato e pouco motivador (LIMA et al, 2000). Martorano (2012) afirma que no Ensino Médio, o conceito de cinética química tem sido apontado pelos professores como difícil, por causa do caráter empírico e abstrato. A compreensão da velocidade das reações químicas envolve a interpretação de dados experimentais e a compreensão do caráter dinâmico das partículas. Contudo, é um conceito

extremamente importante e que apresenta aplicações no cotidiano, tais como processos industriais e reações que ocorrem no organismo dos seres vivos (MARTORANO, 2007).

Diante do exposto, nossa pesquisa buscou analisar o processo de transposição didática do conteúdo cinética química, observando de que forma esses conceitos são abordados nos livros didáticos (TDE) e intramuros da sala de aula (TDI).

Metodologia

Nossa pesquisa foi dividida em duas etapas, cada uma relacionada com um movimento de transposição didática (externa e interna). Na primeira etapa, selecionamos cinco livros do Ensino Médio a fim de realizar uma análise comparativa com o livro do Ensino Superior, que chamaremos de livro de referência (LR). Esta opção se sustenta a partir de uma aproximação válida: entendemos que os livros didáticos do Ensino Superior são produtos de transposição didática, pois o saber se encontra didatizado. No entanto, como ocorre menos modificações em relação ao livro do Ensino Médio, é tomado como manifestação do Saber Científico. (SILVA et al, 2013; SILVA, SILVA e SIMÕES NETO, 2014). Os livros selecionados são apresentados na tabela 1:

Livro Didático	Representação	Ano de Publicação	Definição da proposta
Livro Didático 1	LD1	1990	Tradicional (Anterior ao NOVO ENEM)
Livro Didático 2	LD2	2004	
Livro Didático 3	LD3	2009	Contextualizado e Problematizado (Posterior ao NOVO ENEM)
Livro Didático 4	LD4	2011	
Livro Didático 5	LD5	2013	

Tabela 1: Livros Didáticos Analisados.

Buscamos identificar modificações no saber, tais como: **acréscimos** (informações adicionais contidas no texto do saber e não estão presentes no saber científico), **supressões** (conceitos e ideias removidos durante o processo), **criações didáticas** (estratégias e metodologias que abordam de maneira diferenciada o saber científico para o contexto escolar) e **deformações** (quando o saber a ser ensinado é modificado de maneira que se afasta do saber original).

Para a análise, elencamos alguns critérios a priori, discriminados na tabela 2:

Tópico do conteúdo cinética química	Critérios para observações
Lei das Velocidades	Definição, lei de Guldberg-Waage, ordem de Reação e classificação das reações em elementares e não-elementares.
Fatores que influenciam a velocidade das reações químicas.	Influência da temperatura, concentração, superfície de contato e catalisadores.
Teoria das colisões	Choques entre reagentes, energia de ativação e complexo ativado.

Tabela 2: Critérios de análise a priori para a transposição didática externa (TDE).

Na segunda etapa buscamos analisar a transposição didática interna, a partir de entrevista semiestruturada com professores de química que atuam no Ensino Médio. A tabela 3 apresenta o perfil destes professores:

Professor	Experiência Docente	Formação Acadêmica
P1	5 anos	Graduando em licenciatura em química
P2	4 anos	Licenciado em química e mestrando em Ensino de Ciências.
P3	23 anos	Licenciado em química com mestrado e doutorado em energia nuclear.

Tabela 3: Perfil dos professores entrevistados.

Para a entrevista, desenvolvemos cinco questões relacionadas a gestão do conteúdo cinética química para identificar indícios do trabalho do professor intramuros da sala de aula. Na tabela 4 elencamos as perguntas e seus respectivos objetivos.

Perguntas	Objetivo
Quanto tempo, ou quantas aulas você dispõe para abordagem do conteúdo de cinética química?	Levantar informações acerca do tempo em que o saber fica em cena no jogo didático, baseado na dimensão temporal do trabalho docente intramuros sala de aula.
Como você organiza a sequência de aulas sobre cinética química?	Observar a escolha e sistematização do conteúdo pelo professor
Quais mudanças você pode elencar entre o conhecimento científico e o conhecimento escolar no conteúdo de cinética química?	Identificar quais das modificações são reconhecidas e consideradas pelo professor em sua prática docente.
O que você considera mais importante neste conteúdo que é ensinado ao aluno?	Relacionar a dimensão temporal com a escolha dos conteúdos, na transposição didática interna (TDI).
Como você encara os processos de recontextualização e repersonalização dos saberes no conteúdo de cinética química?	Identificar as opções e ações dos professores quanto aos processos de recontextualização e repersonalização do saber intramuros da sala de aula.

Tabela 4: Perguntas da entrevista e seus objetivos.

A partir das respostas, elencamos elementos que dão indícios da forma em que o saber em questão é gerido intramuros da sala de aula, o que fornece direcionamentos sobre o trabalho de transposição didática interna realizada pelo professor.

Resultados e Discussão

Análise da transposição didática externa

Na primeira etapa buscamos observar o processo da **transposição didática externa** a partir da análise comparativa entre livros didáticos selecionados e o Livro de Referência.

Lei das Velocidades

- Todas as obras conceituam a lei da velocidade como sendo a relação entre as concentrações dos reagentes e a rapidez de ocorrência de uma reação química. De forma diferente, o livro de referência conceitua a lei da velocidade já trazendo um exemplo de aplicação da lei em contexto científico.
- Apenas LD4 apresenta uma discussão histórica, buscando reflexão sobre a importância desta lei na época e na atualidade, evidenciando a importância de estudar cinética química. Tal contexto não é apresentado no livro de referência e consideramos como um movimento de acréscimo. Ainda, LD2 e LD3 não associam a lei da velocidade aos trabalhos de Guldberg e Waage, o que consideramos uma supressão histórica.

- c) Assim como no livro de referência, LD1 e LD4 explicam que a lei da velocidade não mede a velocidade média da reação, e sim, a instantânea. Consideramos a supressão dessa informação um movimento prejudicial.
- d) LD1 e LD5 não apresentam definição para ordem de reação, bem como não apresentam a classificação das reações em elementares e não elementares, embora comentem que estas podem ocorrer em uma ou mais de uma etapa. LD5 não é apresenta a lei das velocidades em sua definição matemática, ocorrendo supressão.
- e) A definição de tempo de meia vida é suprimida em todas as obras analisadas.

Fatores que influenciam a velocidade das reações químicas

- a) Todos os livros analisados são coerentes com os livros de referência, discutindo aspectos relacionados a concentração, temperatura, superfície de contato e catalisadores para discutir os fatores que influenciam a velocidade das reações químicas.
- b) Apenas em LD1 as enzimas não são discutidas, o que caracteriza supressão.
- c) A classificação da catálise em homogênea e heterogênea é apresentada apenas em LD1 e LD3 e se aproximaram bastante da abordagem do livro de referência.
- d) O livro de referência afirma que os catalisadores podem ser envenenados ou inativados, na discussão sobre inibidores ou veneno de reação. Apenas LD3 não apresenta informações sobre esse tipo de substância e seus efeitos nas reações. LD4 e LD5 colocam os inibidores como uma classe a parte dos catalisadores, o que caracteriza uma deformação.

Teoria das Colisões

- a) No livro de referência são apresentadas expressões como a equação de Arrhenius (calcular a variação da constante de velocidade com a temperatura) e o cálculo das frequências de colisão entre as moléculas. Nenhuma das obras do Ensino Médio aborda essas expressões, o que caracterizamos como supressão, neste caso positiva, pois parece mais interessante no nível médio, compreender os fenômenos, e não realizar cálculos específicos.
- b) Em coerência com o livro de referência, LD1 e LD4 argumentam que, para que exista reação química, deve existir quebra e formação de ligações químicas, e isso ocorre a partir de colisões efetivas. LD3 associa a teoria das colisões à classificação em reações elementares e não-elementares, considerando que colisões favoráveis direcionam a ocorrência de reação elementar. Entendemos esse aspecto como exemplo de deformação.
- c) LD5 faz uso de modelos representacionais, mas, diferente das outras obras e do livro de referência, afirma que tal representação é um modelo para explicar a ocorrência das reações químicas e as colisões necessárias para a formação do produto. Essa justificativa se constitui como um acréscimo deveras relevante, pois evita que ocorram obstáculos a aprendizagem, derivados da ideia de que os choques acontecem com moléculas em específico, de maneira organizada e direta.
- d) Todas as obras analisadas relacionam a colisão efetiva como sendo derivada de uma orientação favorável e uma energia mínima necessária para que reação ocorra. Essa coerência evita confusões e dificuldades no ensino e aprendizagem deste saber.
- e) O livro de referência apresenta a energia de ativação como a energia mínima necessária para que a reação química ocorra, a partir da formação de um estado de transição chamado de complexo ativado. A abordagem nas obras analisadas é bem coerente com o livro de referência, porém, não utilizam o termo "estado de transição" ao tratar do complexo ativado, que é definido como uma estrutura intermediária, caracterizando uma deformação.

Entrevista semiestruturada com os professores de Química

Entrevistamos três professores de química, que atuam no Ensino Médio sobre o seu trabalho intramuros da sala de aula. As respostas às perguntas e as discussões foram:

1) Quanto tempo, ou quantas aulas você dispõe para abordagem do conteúdo de cinética química?

P1 e P3 trabalham o conteúdo praticamente no mesmo tempo, respectivamente, dez e nove aulas. P2 destina menor tempo para a abordagem da velocidade das reações, organizando suas aulas em torno de seis a sete momentos. Neste aspecto, destacamos que cada professor entrevistado considera a diversidade de suas salas de aula, uma vez que todos se mostraram flexíveis com o tempo do saber em cena no jogo didático.

Podemos tentar explicar o menor tempo destinado a cinética química por P2 a partir da relação ao saber: ao longo de sua atuação profissional, se dedicou mais ao ensino de química orgânica, portanto, possivelmente construiu uma relação mais forte com essa área.

2) Como você organiza a sequência de aulas sobre Cinética Química?

A preocupação com a recontextualização é evidente no trabalho dos três professores, com destaque para P3, que trabalha além do direcionamento ao ENEM.

P1 relata de maneira mais superficial sua sequência de aulas, mesmo assim é possível observar uma preocupação maior em dar ênfase à aplicabilidade desses conceitos no dia a dia dos alunos, na realização de experimentos e resolução de questões do ENEM.

P2 introduz os conceitos básicos de cinética e os fatores que influenciam a velocidade das reações nas duas primeiras aulas. Em seguida, trabalha os cálculos químicos relacionados à velocidade das reações, teoria das colisões e ação de catalisadores. Por fim, dedica duas aulas para a realização de alguns experimentos em sala e exercícios.

Inicialmente, P3 localiza a cinética química no cotidiano dos estudantes, falando da velocidade dos fenômenos químicos como a formação do petróleo e a oxidação das frutas. Depois, trata dos fatores que influenciam a velocidade de uma reação através de um experimento com comprimido efervescente inteiro, picado e pulverizado, colocado em recipientes com água em diferentes temperaturas. Destacamos a abordagem da teoria das colisões, na qual P3 retoma alguns conteúdos de termodinâmica química, utilizando o gráfico entre energia e caminho da reação. Ainda, afirma que trabalha com o tempo de meia vida das reações químicas. Tal conceito não é encontrado em nenhuma das obras analisadas (supressão), mas é discutido pelo professor em sala de aula.

3) Quais mudanças você pode elencar entre o conhecimento científico e o conhecimento escolar no conteúdo de cinética química?

Existe uma convergência de opiniões entre os três professores em relação a simplificação das abordagens matemáticas, que muitas vezes envolvem cálculo diferencial e integral, ou cálculos mais elaborados. P2 e P3 argumentam sobre essas simplificações, destacando a equação de Arrhenius, meia vida e análises gráficas.

Ainda, P1 elenca limitações quanto a conhecimentos conceituais e procedimentais e disponibilidade de espaços físicos e equipamentos para realização de atividades experimentais envolvendo cinética química, nas escolas do Ensino Médio.

Os professores entrevistados não comentaram sobre as modificações ocorridas na estrutura do saber relacionado a teoria das colisões.

4) O que você considera mais importante neste conteúdo que é ensinado ao aluno?

P1 e P3 concordam que o mais importante é fazer com que o aluno possa relacionar os conhecimentos de cinética química com o cotidiano e com outras ciências, como biologia e física, numa perspectiva que valoriza a formação do cidadão, e não uma abordagem baseada unicamente no conteúdo e que desconsidera aspectos sociais e tecnológicos.

P2 defende uma abordagem dinâmica do conteúdo, e relata que *"... se tivesse algo ao qual daria maior importância, mesmo acreditando que tudo deve ser trabalhado de maneira homogênea, seria a parte teórica relacionada aos fatores que afetam a velocidade de uma reação, pois os cálculos são menos importantes que entender os resultados"*.

A busca por uma maior contextualização, uma abordagem matemática mais ampla (P3 trabalha com meia vida das reações) ou a ênfase maior na interpretação das leis da natureza que nos cálculos de grandezas se relacionam a dimensão temporal, sobretudo ao tempo do professor (CÂMARA DOS SANTOS, 1997).

5) Como você encara os processos de recontextualização e repersonalização dos saberes no conteúdo de reações orgânicas?

A visão de P1 sobre os processos de recontextualização e repersonalização é bem direta. Esse professor afirma que trabalha com situações-problema, dando exemplos do cotidiano, com cuidado ao observar o meio social e escolar dos estudantes.

P2 e P3 possuem maior clareza em relação a esses processos, como podemos ver na transcrição de suas respostas:

"As aulas no ensino médio são bem corridas... Porém, sempre busco discutir com os alunos acontecimentos da atualidade que tenham envolvimento com o conteúdo que esteja sendo trabalhado, neste caso, cinética química... eu não chamaria de contextualização o que fiz com os alunos até então acerca desse conteúdo, porque contextualizar vai além de discutir algo, mesmo relacionado ao conteúdo..."(P2)

"Bem, na verdade eu trago exemplos do cotidiano. Ainda não tratei este conteúdo de forma contextualizada. Pretendo trazer elementos da cinética para discutir, por exemplo, o desperdício de alimentos nas grandes distribuidoras. Com certeza dará um ótimo debate. Contudo quando eu faço experimentos de eletroquímica e construo pilhas de laranjas, obtenho a diferença de potencial da pilha a partir de frutos maduros conservados e não conservados na geladeira. Os valores da diferença de potencial são bem diferentes por conta dos processos químicos diretamente associados à velocidade da reação de oxidação do fruto. Assim, retomo a cinética em outro contexto. " (P3)

Tomando por base as respostas dessa e das outras perguntas, percebemos que o trabalho de repersonalização é mais desenvolvido por P3, talvez devido a sua formação na pós-graduação, o novo texto do saber se apresenta rico em tratamentos matemáticos e tecnológicos, como na abordagem do conceito de meia vida e interesse por processos industriais.

Algumas Considerações

As transformações as quais o saber é submetido desde a academia, quando se apresenta na forma de saber científico, até as escolas, na manifestação do saber a ser ensinado e saber ensinado, é bastante perceptível na abordagem da cinética química: muitas modificações foram identificadas a partir do trabalho externo de transposição didática.

Percebemos que o processo de transposição didática externa para o conteúdo de cinética química nos mostrou muitas supressões, mas do que qualquer outra modificação do saber, contudo, foi possível observar também acréscimos e deformações, além da ocorrência de

criações didáticas. Essas modificações são inevitáveis na transposição do saber, uma vez que a natureza do saber é modificada, para que seja mais didático e portador de uma intencionalidade de ensino.

As reações que fazem menção a equação de Arrhenius, suprimida em todas as obras do nível médio, e também não levada em consideração pelos professores durante suas aulas, caracterizou uma supressão relevante, pois uma abordagem mais complexa da matemática pode criar obstáculos na aprendizagem dos conceitos e interpretações do saber.

Na análise da entrevista com os professores, foi possível observar como a relação do professor ao saber influencia a forma como ele vai ensinar esse saber, ou seja, na elaboração do novo texto do saber. O tempo que cada conceito fica em cena no jogo didático é associado a essa relação: se for um tópico no qual o professor tem maior conhecimento, mais exemplos surgirão, mais discussões serão realizadas e o trabalho intramuros de sala de aula se constitui de forma diferente.

Diante de tantas atividades vivenciadas na escola, o professor é o elemento fundamental no processo de ensino e aprendizagem, pois é ele quem deixa a impressão principal dos conteúdos trabalhados.

Referências

BROUSSEAU, G. Fundamentos e Métodos da Didática da Matemática. In: **Didática das Matemáticas**. BRUN, J. (org.). Lisboa: Instituto Piaget, 1999.

BRITO MENEZES, A. P. A. **Contrato Didático e Transposição Didática: Inter-relações entre os Fenômenos Didáticos na Iniciação à Álgebra na 6ª série do Ensino Fundamental**. 2006. 411 f. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2006.

CÂMARA DOS SANTOS, M. O professor e o tempo. **Tópicos Educacionais**. v. 15, ns. 1 e 2, p. 105-116, 1997.

CHEVALLARD, Y. **La Transposicion Didactique**. Paris: La Pensee Sauvage, 1991.

LIMA, J.F.L.; PINA, M.S.L.; BARBOSA, R.M.N.; JÓFILI, Z.M.S. A contextualização no ensino de cinética química. **Química Nova na Escola**, n.11, p. 26-29, 2000.

MARTORANO, A. A. S. **As concepções de ciência dos livros didáticos de química, dirigidos ao ensino médio, no tratamento da cinética química no período de 1929 a 2004**. 2007. 226 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

MARTORANO, A. A. S. **A transição progressiva dos modelos de ensino sobre cinética química a partir do desenvolvimento histórico do tema**. 2012. 360 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

SILVA, P. N.; SILVA, F.C.V.; SIMÕES NETO, J.E. **A Transposição Didática como recurso para análise do Saber intramuros da sala de aula do conteúdo Termoquímica**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 17, 2014, Ouro Preto-MG. Anais... Ouro Preto-MG, 2014.

SILVA, P. N.; SOUZA, L.O.; CUSTÓDIO, A.C.; SILVA, F. C. V.; SIMOES NETO, J, E. **A Análise da Transposição Didática para o Conteúdo de Reações Orgânicas: Primeiras Impressões**. In: ENCONTRO NACIONAL EM PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 9, 2013, Águas de Lindóia, SP. Anais... Águas de Lindóia-SP, 2013.