

O DISCURSO DOS ESTUDANTES SOBRE COMBUSTÃO: MOVIMENTO DIALÓGICO NECESSÁRIO EM UMA ATIVIDADE EXPERIMENTAL

Maria do Carmo Galiuzzi
Bianca H. Seyffert
Marcelo G. Montes D'Oca
Marla N. Godoi¹
Elisa Lotici Hennig
Juliana Carriconde Hernandez²
Fábio Peres Gonçalves³

Resumo

Apresenta-se o conhecimento químico sobre reações de combustão de estudantes de graduação em Química, explicitado em momentos iniciais de uma atividade experimental por meio de um questionário. As análises apontam para um entendimento das reações de combustão em diferentes níveis de complexidade: desaparecimento, modificação, transmutação e interação química. Mostra-se que, mesmo em níveis elevados de ensino de Química, a interpretação sobre a combustão permanece inconsistente e fragmentada, o que se por um lado revela a fragilidade das aprendizagens ocorridas nos momentos educativos anteriores, por outro assinala que só é possível aprender a partir desse conhecimento expresso, pois é ele que permite ancorar o conhecimento posterior. Assim, o argumento que se procura desenvolver no texto é da necessidade de transformação das atividades práticas em atividades dialógicas a partir do que o estudante consegue explicar sobre o fenômeno em questão.

Palavras-chave: Pesquisa em Sala de Aula, Reações de Combustão, Atividades Experimentais;

1. *Introdução*

No ensino de Ciências há pelo menos duas abordagens importantes e distintas para a compreensão da formação de conceitos em Ciências. Uma delas é a abordagem cognitiva, que estuda modelos mentais, representações, concepções alternativas, entre outras, e nessa perspectiva, o indivíduo armazena esses conceitos em estruturas, esquemas, modelos. A outra abordagem vem de perspectivas socioculturais em que o ser humano se diferencia dos demais seres vivos por se constituir na produção de artefatos culturais, sendo a linguagem um deles. Nessa abordagem o ser humano não pode ser compreendido deslocado desses artefatos e o conhecimento é necessariamente dialógico.

No caso da aprendizagem de um discurso específico, como é o da escola e o do ensino de Ciências, essas duas abordagens podem contribuir para melhor entender a prática de sala de aula, pois ambas trazem elementos importantes para a transformação da prática pedagógica em que se assume de vital importância a manifestação das múltiplas vozes presentes nas falas dos estudantes e professor. Não queremos com isso desconsiderar o papel do professor, mas

¹ Professores de Química Orgânica da FURG

² Bolsistas FAPERGS e CNPq respectivamente, alunas do curso de Licenciatura em Química

³ Mestrando do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências da UFSC, Licenciado em Química pela FURG.

salientar para a necessidade de manifestação das vozes dos estudantes, possível em um trabalho mediado pelo professor.

As pesquisas sobre as concepções alternativas dos estudantes têm sustentado dois argumentos importantes: a) os estudantes tendem a ser inconsistentes nas explicações sobre os fenômenos naturais; b) os entendimentos dos estudantes são robustos, isto é, difíceis de serem mudados apesar das práticas educativas a que são submetidos na escola.

Neste artigo focaliza-se o tema combustão, por ser um fenômeno muito presente tanto na vida de cada um como na escola, para mostrar a inconsistência do conhecimento elaborado mesmo em níveis superiores de ensino, como são os cursos de graduação em Química. Vários estudos foram desenvolvidos para sintetizar as explicações dos estudantes sobre combustão, usando diferentes questões a respeito de mudanças físicas e químicas. Na literatura as concepções de estudantes sobre combustão têm sido amplamente estudadas e categorizadas de acordo, em geral, com quatro conjuntos de idéias: a) desaparecimento; b) modificação; c) transmutação e d) interação. Desaparecimento se refere a desaparecimento de matéria. Deslocamento quando o estudante interpreta que a matéria mudou de lugar, isto é, foi para um lugar diferente. Modificação se refere a explicações em que a mudança de estado físico é assinalada em uma compreensão do fenômeno como transformação reversível. Nesse caso após a combustão a substância é conservada, modificando apenas sua forma, conservando-se assim também suas propriedades.

Transmutação agrega entendimentos que transformam substância em outra substância, substância em energia ou energia em substância. Nesta categoria não há interação entre a substância combustível e o oxigênio/ar. O oxigênio/ar pode ser reconhecido ou não como necessário para a combustão e aí sendo necessário para manter a chama viva. A matéria pode ser transmutada em calor e vice-versa. A chama contém apenas a substância combustível e/ou o oxigênio sem interação ou a chama é considerada apenas como energia. A queima é um processo destrutivo e irreversível. A chama/fogo é o agente ativo da mudança, que age sobre o material combustível. Evidenciam também que as concepções dos alunos dependem fortemente das características observáveis da combustão e os reagentes que não são vistos não são mencionados. (WATSON, PRIETO e DILON, 1997).

Os entendimentos sobre interação química envolvem reconhecer que a substância combustível e o oxigênio/ar interagem, que a reação é irreversível. Nessa categoria a chama é compreendida como evidência da reação química em que está ocorrendo uma liberação de energia. Os produtos contém os reagentes em uma combinação diferente, a massa é conservada enquanto as propriedades dos reagentes não.

De outra parte, a abordagem sociocultural compreende a aprendizagem de um discurso específico como uma enculturação das ações específicas daquele campo de conhecimento. Sendo que a aprendizagem do discurso das Ciências é o tema deste texto, entende-se que aprender esse discurso é um processo de imersão e, por conseguinte, de complexificação de falas, argumentos, ações, de forma a tornar o discurso cada vez mais complexo, coerente e consistente. Assim, não há surpresas com a simplicidade do conhecimento expresso pelos estudantes, pois ele revela enculturações superficiais decorrentes de práticas educativas pouco intensas que não consideraram a dialogia como artefato cultural imprescindível na elaboração do conhecimento mais complexo.

Neste artigo, as respostas de estudantes universitários de Química a um questionário retirado de pesquisas realizadas na abordagem cognitiva e adaptado para uma sala de aula de cursos universitários de Química, foram analisadas e não foram diferentes de estudos feitos com estudantes adolescentes em diferentes lugares do mundo. Ao longo do texto procura-se mostrar a fragmentação, inconsistência e diferença em relação ao conhecimento científico das respostas, em um momento inicial de uma atividade experimental. A partir disso, defende-se o argumento de que, em uma atividade experimental educativa é necessária a explicitação do

conhecimento inicial dos estudantes para que se possa instaurar o diálogo no sentido proposto por Bakhtin, em um movimento de apreensão de palavras alheias e na sua transformação em palavras próprias. Se, o diálogo não ocorre, o monólogo com a “coisa muda” se instaura, isto é, o discurso da ciência é compreendido pelo aluno como imutável, verdadeiro, cristalizado e ele não consegue enriquecer seu conhecimento sobre o fenômeno, pois nem ele mesmo percebe o que sabe sobre o tema. Este aspecto tem estado sido bastante presente nas abordagens dominantes em sala de aula em que o discurso experimental da ciência se faz presente.

O argumento central deste texto é de que em atividades experimentais, para que ocorra a aprendizagem, é fundamental partir do conhecimento que o aluno consegue expressar em direção a conhecimentos mais complexos, enriquecimento esse possibilitado pelo diálogo teórico-prático. Assim, assume característica fundamental da atividade experimental, não a verificação de teorias consolidadas, mas o diálogo sobre o fenômeno a partir das teorias explicitadas em aula em direção a teorias consolidadas e consideradas válidas pela Ciência. Nesse sentido o artigo mostra a possibilidade de usar os resultados de pesquisas realizadas no movimento de mudança conceitual para trazer para o plano explícito, o discurso dos estudantes, geralmente construídos a partir de aprendizagens ambientais.

2. *A Pesquisa*

Nesse trabalho apresentamos a análise de um questionário (anexo) sobre reações de combustão, respondido individualmente por 84 estudantes dos cursos de Engenharia Química, de Alimentos e de Licenciatura em Química, no primeiro momento de uma atividade experimental, desenvolvido em aulas regulares de graduação.

A análise dos dados foi sustentada pelos princípios da análise interpretativa de textos. Inicialmente as respostas foram agrupadas por questão. Posteriormente foram interpretadas e reunidas nas seguintes categorias: a) compreensão como desaparecimento; b) compreensão como modificação; c) compreensão como transmutação e d) compreensão da interação química. A seguir discutimos os resultados obtidos nas diferentes categorias.

3. *Compreensão como desaparecimento*

O discurso sobre combustão dos investigados apontou para idéia de desaparecimento dos reagentes e/ou produtos em uma reação química, enfatizando a não conservação da massa como está sintetizado na tabela abaixo:

1- O que aconteceu com a cera da vela?
D1- A cera da vela desapareceu, foi consumido, sumiu.
2- O que aconteceu com o ar do recipiente?
D2- O ar foi todo, ou parcialmente, consumido.
D3- O oxigênio foi consumido, totalmente ou parcialmente.
D4- O oxigênio foi queimado pela chama.
D5- O oxigênio perdeu-se.
D6- Ficaram no recipiente apenas os outros gases, como o nitrogênio e argônio.
4- Por que a vela apaga?
D7- Porque acaba o ar.
D8- Porque o oxigênio foi consumido.

D9- Porque foi consumido o oxigênio molecular.
D10- O oxigênio foi consumido pela chama.
D11- Porque a quantidade de oxigênio restante é insuficiente para manter a vela acesa.
5- Por que ao apagar a vela o nível da água sobe dentro do copo?
D12- Porque o ar foi consumido.
D13- Por diferença de pressão.
D14- Porque o oxigênio foi queimado.
D15- A água encontra lugar para subir.
D16- O oxigênio presente na água é consumido.
D17- A água sobe ocupando o volume que antes era ocupado pelo gás.

O conjunto de respostas mostra uma coerência nas explicações dos estudantes, pois em diferentes questões a causa apontada para a extinção é a mesma, o término do oxigênio. O desaparecimento de matéria, no entanto, é inconsistente com a idéia de reação química.

Das respostas dadas que, em síntese, evidenciam a compreensão de que na combustão ocorre um desaparecimento de matéria ainda há nuances. Uma delas se refere a composição do ar, entendido como sendo constituído apenas de oxigênio, ou por outros indivíduos, como uma mistura de gases (D6; D7; D8).

Outra idéia presente é de que a chama é um componente ativo da combustão, que age sobre a matéria, consumindo o oxigênio e a cera (D10; D14). Com relação à interpretação da chama, ressalta-se a idéia de que o oxigênio que constitui a molécula da água (H_2O) é que também é queimado e responsável também pelo espaço ocupado pela água.

Nesta categoria incluem-se as interpretações que envolvem o desaparecimento de matéria, especialmente do oxigênio, cujo desaparecimento é apontado como fator exclusivo para a extinção da chama. Ressaltam-se entendimentos distanciados do discurso da ciência sobre a composição do ar atmosférico, sobre o apagamento da vela e as razões que envolvem a diminuição de pressão no recipiente. Salienta-se que embora sejam estudantes universitários, o conhecimento expresso foi bastante simples, embora coerente, e o instrumento usado possibilitou explicitar esses conhecimentos.

4. Compreensão como modificação

Na categoria modificação, estão inseridos os entendimentos vinculados à mudança de estado físico ou de forma. Esses entendimentos estão sintetizados na tabela abaixo:

1- O que acontece com a cera da vela?
M1- A cera não participa do processo.
M2- Ocorre a absorção de energia que derrete a cera da vela.
M3- A cera da vela apenas muda de forma e de estado físico durante a combustão.

Nesta categoria, a compreensão do fenômeno ficou restrita à mudança de estado físico na explicação sobre o papel da cera na combustão, mostrando um entendimento de que a cera não participa do processo e quem queima é o pavio. Nesta categoria também as informações são bastante distanciadas do discurso legitimado das Ciências sobre este fenômeno, o que vem corroborar com o argumento do texto, que é de que o discurso científico vai se construindo em um movimento do simples ao complexo em que convivem inconsistências, lacunas, incoerências em relação ao discurso validado pela comunidade científica. Nesta

categoria também a ferramenta usada na pesquisa possibilitou emergir interpretações interessantes para a problematização em sala de aula.

5. *Compreensão como transmutação*

A categoria transmutação representa um conjunto de entendimentos que apontam para a reação de combustão como a transformação da matéria em energia, energia em matéria ou matéria em outro tipo de matéria, mas sem interação entre reagentes. Essas idéias estão resumidas no quadro abaixo:

1- O que acontece com a cera da vela?
T1- Transforma-se.
T2- Vira carbono.
2- O que acontece com o ar do recipiente?
T3- Consumo total de oxigênio e produção de gases da combustão (CO ₂ e H ₂ O).
T4- Consumo total ou parcial de oxigênio e produção de CO ₂ .
T5- Consumo de todo ar pela combustão.
T6- O ar transformou-se em dióxido de carbono.
T7- O ar é um reagente da reação.
T8- Os gases do ar foram oxidados.
T9- Interação entre ar e vela.
T10- Reação que envolve os gases que compõem o ar.
3- De que era feita a chama da vela?
T11- Gases, oxigênio
T12- Cera da vela.
T13- Parafina, pavio encerado, cera, fuligem, carbono.
T14- Parafina e oxigênio.
T15- Átomos ionizados.
T16- Produtos ou reagentes.
T17- Pavio e produtos da combustão.
T18- Material combustível e oxigênio.
T19- Reagentes e calor.
T20- Energia, fogo
T21- Plasma frio.
T22- Energia térmica e luminosa.
T23- Energia térmica.
T24- Energia luminosa, energia térmica e parafina ou carbono.
T25- Energia de ativação e oxigênio.
T26- Combustível(pavio), comburente(ar) e oxidante (chama).
T27- Interação de reagentes.
4- Por que a vela apaga?
T28- Acaba oxigênio e fica dióxido de carbono.
T29- Queima oxigênio e produz vapor d'água.
T30- O oxigênio é limitante da reação de combustão.
T31- Ao queimar o oxigênio falta energia para a combustão.
5- Por que ao apagar a vela o nível da água sobe dentro do copo?
T32-Devido ao dióxido de carbono produzido (ocupa menos espaço; exerce menos

pressão).
T33- Os produtos não ocupam o mesmo volume que os reagentes consumidos.
T34- Rompimento de ligações da molécula da água para fornecer o oxigênio para a combustão

Da mesma forma que nas categorias anteriores o discurso sobre combustão é bastante fragmentado, embora em momentos pareça ter uma coerência, pois o oxigênio é compreendido como o limitante de reação. Nesta categoria as palavras usadas estão mais próximas do discurso químico e é, de certa forma, a transformação o fundamento expresso nas diferentes compreensões. No entanto, se as palavras são próprias do discurso químico como, por exemplo, combustão, dióxido de carbono, CO_2 ou H_2O , as explicações nos remetem a categorias anteriores, como é o caso da afirmação de que o ar é todo consumido na combustão (T5) ou de que o oxigênio que participa da reação é o da molécula da água (T34).

Nesta categoria, sempre está ausente algum componente ou mais da reação (quer sejam reagentes, produtos ou a energia da reação) por diferentes que sejam os aspectos abordados nas questões.

Duas afirmativas chamam atenção no conjunto de respostas. Uma delas em que se afirma que a chama é plasma frio. Ao dialogar com o estudante, a resposta foi atribuída à explicação de um professor, mas o estudante não avançou a partir do expresso, o que assinala a presença de diferentes níveis de apropriação da palavra. Esse estudante não sabia muito além do já expresso de que a chama era plasma frio, mas sua resposta trouxe um aspecto não ressaltado ainda por nenhum dos estudantes (T18).

Em outra resposta também se evidencia a presença de níveis de compreensão diferenciados. Trata-se da afirmativa T31. É a única afirmativa de todo o conjunto que aponta para a energia como um dos fatores que podem estar contribuindo para a extinção da chama. Ao se analisar o questionário integral em que esta resposta foi dada, perceberam-se dois fatos. O primeiro foi a inconsistência das demais respostas com essa afirmativa. O segundo aspecto, a estudante havia assistido a uma aula em que esta questão e todas as outras aqui abordadas foram discutidas, o que salienta o movimento do conhecimento em direção a níveis mais complexos.

A afirmativa T34 também mostra a mesma idéia de níveis de compreensão do fenômeno. Apesar de usar vários termos da linguagem química, a compreensão do fenômeno é bastante distanciada do conhecimento científico como também da experiência vivida da evaporação da água, ao atribuir o deslocamento de água para dentro do copo ao volume consumido de oxigênio da molécula da água.

Em síntese, nesta categoria foram colocadas as respostas fundamentadas na transformação, embora em todas elas estejam incompletas ou distanciadas do entendimento considerado correto. Isso salienta a compreensão do fenômeno em diferentes níveis de complexidade. A riqueza das respostas também mostra a diversidade de aspectos possíveis de serem discutidos e problematizados em sala de aula, quando a opção metodológica assumida é o diálogo a partir do conhecimento expresso. Mais uma vez o instrumento cujas questões solicitam justificar o fenômeno, mostrou-se válido para a explicitação das teorias dos estudantes.

6. *Compreensão como interação*

Ao contrário da categoria anterior, essa teve apenas duas respostas que fez com que pudéssemos inferir sobre a compreensão do fenômeno de combustão como uma interação

química em nível de complexidade maior do que as demais respostas.

3- De que era feita a chama da vela?
I1- Comburente e combustível em interação.
5- Por que, ao apagar a vela, o nível de água sobe dentro do copo?
I2- Os produtos da combustão (CO_2 e H_2O) ocupam menos espaço.

As respostas dadas evidenciam a compreensão da reação química como uma interação. A primeira delas traz a informação importante de que a chama é a própria reação. A resposta de que a reação é uma transformação em produtos, em sentido diverso das interpretações de desaparecimento, que justificam a entrada de água no copo por desaparecer um dos componentes, o oxigênio, aqui assinala o volume menor ocupado pelos produtos como o responsável pela entrada de água no copo, embora o modelo explicativo para a extinção ainda seja o término do oxigênio.

As mesmas razões dadas nas categorias anteriores ficaram aqui assinaladas sobre a importância de partir do conhecimento expresso pelos estudantes e da diversidade de possibilidades de problematização pelo diálogo.

7. *Outra síntese dos resultados*

Uma outra forma de analisar os dados foi possível pela quantificação das repostas nas diferentes categorias das respostas, como mostra a tabela a seguir:

Questão	1	2	3	4	5
Categoria					
Desaparecimento	-	39	-	64	62
Modificação	64	3	-	-	-
Interação parcial	14	41	74	14	3
Interação	-	-	-	-	2
Não classificadas	-	-	-	3	2
Branco	6	1	10	3	15
Total	84	84	84	84	84

A tabela sintetiza o conhecimento inicial expresso pelos estudantes em que se pode observar a inconsistência desse conhecimento, pois nas questões observa-se a flutuação das respostas entre as categorias. Ou seja, as interpretações do fenômeno dependem do aspecto analisado.

A categoria desaparecimento está bastante relacionada às questões que explicam o que acontece com o ar do recipiente quando da queima da vela ou que explicam porque entra água no copo ao cobrir-se a vela com o copo, revelada no modelo explicativo assumido para este aspecto.

A categoria de modificação fica relevante na interpretação do ocorrido com a cera da vela durante o processo, o que evidencia o entendimento predominante é de que a cera não participa do processo.

O entendimento de transmutação ficou bastante marcado pelas respostas dadas sobre a constituição da chama, em que basicamente é ressaltada a energia sem a componente material também presente na chama. Foram poucas as respostas relacionadas com um entendimento mais complexo do conceito químico da combustão.

Algumas considerações

A partir dessa análise do conhecimento expresso sobre combustão de estudantes de graduação em Química destaca-se que seus entendimentos se concentram, de forma mais expressiva, em três categorias: desaparecimento, modificação e transmutação. O entendimento das reações de combustão como transformação química foi o menos explicitado e de forma bastante simples.

Os resultados confirmam que o conhecimento sobre combustão é fragmentado, e inconsistente com o conhecimento validado pela ciência, embora a interpretação do término do oxigênio mantenha coerência nas respostas. Ao mesmo tempo mostra que as atividades educativas que trataram do assunto foram pouco efetivas, resultando em um conhecimento inicial simples. A partir do exposto, argumenta-se em favor de que a aprendizagem de conceitos envolve movimentos em direção a compreensões mais complexas pelo uso de linguagem em que a proximidade de conhecimentos considerados válidos sinaliza para aprendizagens efetivas do discurso químico.

Ao constatar que estudantes ainda não se apropriaram de um discurso consistente sobre o fenômeno estudado, sempre presente na escola desde os níveis iniciais, parece-nos poder argumentar que as metodologias de aprendizagem a que os alunos investigados estiveram submetidos não favoreceram a apropriação de discursos mais complexos.

Por outro lado, o resultado desta pesquisa mostra a necessidade de trazer para o ambiente da sala de aula o conhecimento dos estudantes, bastante diverso daquele assumido pelo professor como o conhecimento que esse aluno possui. Essa condição aponta para a necessidade de investir em abordagens metodológicas que valorizem o desenvolvimento de uma prática pedagógica centrada na melhoria da qualidade da aprendizagem em sala de aula de Química, dito de outra forma, na complexificação do discurso ou ainda na enculturação no discurso químico. Apostamos que uma das possibilidades é da prática pedagógica na perspectiva sociocultural em que os artefatos culturais como são o diálogo oral, o exercício de escrita, leitura e crítica das produções e a validação dos argumentos construídos na interlocução teórica e prática podem representar um movimento em direção a aprendizagens que envolvam conhecimentos mais complexos sobre o fenômeno estudado. Nesse sentido, a quantidade expressiva de resultados de pesquisas sobre concepções alternativas podem ser artefatos culturais pertinentes para o uso em sala de aula com o objetivo de problematizar as teorias dos alunos sobre os fenômenos discutidos em aula de Ciências.

Como dito no início do artigo, os resultados apresentados estão vinculados ao início de uma atividade experimental. A análise dos resultados das etapas posteriores da atividade experimental conduzida em uma perspectiva sociocultural certamente trará contribuições para melhor se compreender essa abordagem inserida em atividades experimentais no ensino da Química, visando favorecer a aprendizagem dos alunos.

Referências Bibliográficas

BIRK, J. P. e LAWSON, E. The persistence of the candle-and-cylinder misconception. *Journal of Chemical Education*, v. 76, n.7. p.914-916,1999.

BRAATHEN, P. C. Desfazendo o mito da combustão da vela para medir o teor de oxigênio no ar. *Química Nova na Escola*, n.12, 2000.

DEMO, P. pesquisa e construção de conhecimento: metodologia científica no caminha de Habermas. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 1997.

GALIAZZI, M. C.; GONÇALVES, F. P. As atividades experimentais como parte do discurso em construção em sala de aula de Química. 2002. (Pesquisa não publicada)

GEPEQ

KRNEL, D e GLAZAR, S. “Experiment with a Candle” without a Candle. *Journal of Chemical Education*, v.78, n.7, p.914, 2001.

ROSA, M. I. F. P. S.; Schnetzler, R. P. Sobre a importância do conceito de transformação química no processo de aquisição do conhecimento químico. *Química Nova na Escola*, n.8, p.31-35, 1998.

SCHNETZLER, R. P et al. Modelo de ensino: reações de combustão. In: ARAGÃO, R.M. R.; SCHNETZLER, R. P. e CERRI, Y. L. N. S. (org.). Modelos de ensino: corpo humano, células, reações de combustão. Piracicaba: UNIMEP/CAPES/PROIN, p.145-235, 2000.

SWAIN, J. Rediscovering the candle. *Education in Chemistry*, v.36, n.5, p.130- 134,1999.

WATSON, J. R.; PRIETO, T.; DILLON, J. Consistency of Students' Explanations about Combustion. *Science Education*, v.?, n.?, p.425-443, 1997.

Apoio: FAPERGS, CNPq

ANEXO

Questionário aplicado aos estudantes

Suponha que um copo seja emborcado sobre uma vela acesa fixada em um recipiente contendo água. A partir do que ocorre responda as questões a seguir.

- 1- O que aconteceu com a cera da vela?
- 2- O que aconteceu com o ar do recipiente?
- 3- Do que era feita a chama da vela?
- 4- Por que a vela apaga?
- 5- Por que, ao apagar a vela, o nível de água sobe dentro do copo?