

A Afinidade Entre as Substâncias

pode explicar as reações químicas?



Rosária da Silva Justi

Neste número, a seção “História da química” busca verificar como as concepções prévias hoje mostradas pelas alunas e pelos alunos a respeito de por que ocorrem reações químicas estão presentes na história do desenvolvimento de um importante conceito: a afinidade. Temos, numa história que começa há mais de 2 500 anos A.P. (antes do tempo presente), informações para entender um pouco mais a ciência, e em particular a estrutura da matéria. Como as idéias acerca do conceito de afinidade nem sempre estiveram muito claras, sempre existiram muitas interrogações para os químicos, traduzidas em diferentes contextos. Charles Darwin, na *Origem das espécies* (edição de 1875, p. 63), em busca de metáforas usou a *afinidade seletiva dos elementos químicos para explicar a seleção natural*.

‘semelhante atrai semelhante’. Quando alguma coisa nelas é igual, elas tendem a reagir.

A3: *Isso não explica nada! Para mim, existe essa afinidade entre duas substâncias quando as moléculas delas se encaixam, como num quebra-cabeças.*

A1: *Mas como elas iam saber que dava para encaixar? Tem que ter um jeito de uma atrair a outra!*

A4: *Isso! A gente pode dizer que uma substância está a fim da outra quando existe uma força de atração, como num ímã. Só acontece a reação quando existe essa afinidade, essa força.*

A3: *Mas como é essa força?*

A5: *Ah, não complica! É uma força de atração que faz uma substância se combinar com outra e pronto.*

A6: *É! E quanto mais elas se atraem, mais fácil é para a reação ocorrer!*

Nessa discussão, apesar da pouca discordância aparente entre as idéias dos alunos, concepções que foram propostas e aceitas em diferentes épocas e contextos foram expressas em relação à existência de

afinidade — o que não foi questionado por nenhum deles. Para que nós, professores e professoras, possamos interagir com nossos alunos e alunas quando eles expressam idéias como essas, considero importante apresentar alguns aspectos dos vários significados atribuídos à afinidade ao longo do desenvolvimento do conhecimento químico. Todavia, meu principal objetivo não é a simples transmissão de informações históricas isoladas,

O conceito de afinidade foi, por muito tempo, um dos mais fundamentais da química

idéias relacionadas à constituição das substâncias, à formação de ligações químicas e aos mecanismos de reações, acreditam que a causa principal da ocorrência de reações é algo expresso pela palavra *afinidade*, isto é, assumem a existência de um ‘desejo de uma substância atrair outra’ como uma condição para a ocorrência de reações. A título de exemplificação, consideremos uma discussão ocorrida entre alunos da segunda série do ensino médio, quando lhes foi solicitado que explicassem por que algumas substâncias reagem quando são colocadas em contato, enquanto outras não reagem.

A1: *Eu acho que uma tem que, tipo, ficar a fim da outra. Uma substância só reage quando rola um clima. Se elas não gostarem uma da outra, nem vão se olhar!*

A2: *Qual é?! Isso não tem nada a ver. Substâncias não pensam no que fazer! Deve ser aquela história de*

Uma das concepções espontâneas mais comuns sobre reações químicas é a de que existe *afinidade* entre os reagentes. Este artigo discute o desenvolvimento das idéias de afinidade, na tentativa de evidenciar como elas só tiveram sentido em contextos nos quais ainda não haviam se desenvolvido idéias como as de termoquímica, estereoquímica e ligações químicas, que hoje fundamentam nosso entendimento de reações químicas.

O conceito de afinidade foi, por muito tempo, um dos mais fundamentais da química em termos de promoção do desenvolvimento do conhecimento químico. Entretanto, não se pode discutir afinidade como *uma* idéia porque raramente se observou concordância sobre o significado desse termo. Essa pluralidade de significados pode ser observada também nas idéias de nossos alunos e alunas do ensino médio. Muitos deles/as, apesar de já terem tido algum contato — o que não significa terem sido ensinados ou, muito menos, terem aprendido — com

mas a discussão de algumas idéias de forma contextualizada. Acredito que isso possa contribuir para que possamos interagir com nossos alunos e alunas não simplesmente dizendo: “Isso tudo está errado. Não existe essa afinidade de que vocês estão falando no modelo que usamos para explicar as reações hoje”, mas sim explicando o contexto em que tais idéias eram aceitas e o porquê de não o serem hoje.

Significados iniciais

As mais antigas explicações para a ocorrência de interações entre substâncias foram propostas por filósofos gregos como Empédocles e Hipócrates (séc. V a.C.). Eles atribuíam aos elementos capacidades humanas de amor e ódio, como foi feito pelo aluno A1. Isso significa que eles acreditavam numa ‘força impulsionante’ como a causa efetiva das transformações.

Ainda entre os gregos, Aristóteles (séc. IV a.C.) discutiu os fatores que poderiam influenciar na ocorrência das transformações, identificando diferenças e similaridades (afinidade) entre os materiais envolvidos e também a interação física de um material com o outro (Mierzecki, 1991).

Idéias sobre afinidade, assim como muitas outras idéias gregas, influenciaram o pensamento de inúmeros cientistas até o século XVII, quando a concepção corpuscular de matéria começou a se desenvolver. Antes disso, no período alquímico, reações químicas foram uma parte importante de inúmeros trabalhos. No plano material, os alquimistas buscavam a purificação dos metais e, conseqüentemente, o foco principal de suas atenções estava nas transformações e nos produtos obtidos a partir delas. Em alguns trabalhos, é possível identificar a idéia de que as substâncias se

combinavam não porque tinham sentimentos umas pelas outras, mas porque eram semelhantes em composição. Essa idéia, análoga àquela expressa pelo aluno A2, deriva da concepção aristotélica e foi a base do significado químico do termo ‘afinidade’, no período alquímico.

Afinidade e atração

Até o início do século XVIII, a química geralmente não era respeitada academicamente na Europa. No século XVIII, muitos químicos dedicaram-se à tarefa de equiparar a imagem da química às de outras áreas da filosofia, incorporando princípios e modos de pensar utilizados, por exemplo, em mecânica e astronomia. De acordo com os filósofos naturais da época, ‘especulações’ tinham de ser evitadas, todas as teorias tinham que se basear em experimentos ou observações e explicações deveriam ser mecânicas ou, se possível, matemáticas. De acordo com a filosofia natural, os fenômenos observáveis eram considerados resultantes

Considerando suas origens como explicações físicas, afinidade e atração eram concepções diferentes. Contudo, embora os químicos conhecessem suas diferentes origens, eles começaram gradualmente a usar as duas palavras com o mesmo significado: a tendência das substâncias de se combinarem umas com as outras

de formas, tamanhos e movimentos de pequenas partículas indivisíveis. Os químicos começaram, então, a imitar as abordagens e métodos de áreas mais matemáticas e a aceitar explicações mecânicas para as propriedades das substâncias e a ocorrência de reações. Entretanto, se por um lado a aceitação de que a matéria era constituída de pequenas partículas indivisíveis era útil em termos da construção de imagens mentais de como as reações se processavam, por outro tais imagens eram consideradas

especulações, porque formas e tamanhos de partículas não eram observáveis (Duncan, 1996). Foi nesse ambiente que outras idéias sobre afinidade foram propostas, discutidas e usadas.

Robert Boyle, por exemplo, considerava que a afinidade era resultado

de formas apropriadas das partículas que lhes permitiam aderir umas às outras (Partington, 1969). Uma idéia análoga foi expressa por A3 na discussão anteriormente apresentada.

Como Boyle, Isaac Newton acreditava que a matéria era constituída de partículas. Entretanto,

a essas partículas ele associou poderes de atração e repulsão (como feito por A4). Newton considerou vários casos em que um composto se dissociava porque uma de suas partes era mais fortemente atraída por alguma outra substância do que por aquela com a qual ela estava originalmente combinada. Entretanto, ele não explicou a seletividade das atrações químicas e nem as diferenças nas forças de atração de diferentes tipos de partículas.

Embora Newton tenha falhado em propor uma teoria que pudesse explicar coerentemente como as reações aconteciam, a maioria dos cientistas nos séculos XVII e XVIII aceitavam sua autoridade e usavam suas idéias. Isso acontecia até mesmo na França e na Alemanha, onde as tradições filosóficas eram diferentes daquelas dos ingleses e onde, no início do século XVIII, os cientistas ainda aceitavam a idéia de que as substâncias tendiam a se combinar como resultado da similaridade de suas composições. Nas explicações newtonianas, todos os fatos relevantes eram mecânicos e materiais — a matéria era constituída de partículas que diferiam em forma, tamanho e no poder de exercer forças. A adoção de tais idéias foi útil para os químicos do século XVIII, mas elas eram adaptáveis essencialmente aos

Embora Newton tenha falhado em propor uma teoria que pudesse explicar coerentemente como as reações aconteciam, a maioria dos cientistas nos séculos XVII e XVIII aceitavam sua autoridade e usavam suas idéias

processos físicos. Para que a química se desenvolvesse como uma ciência autônoma, eram necessários outros conceitos e outros tipos de explicação mais adequados aos seus próprios problemas.

Considerando suas origens como explicações físicas, *afinidade* e *atração* eram concepções diferentes. Contudo, embora os químicos conhecessem suas diferentes origens, eles começaram gradualmente a usar as duas palavras com o mesmo significado: a tendência das substâncias de se combinarem umas com as outras. Assim, eles usavam as duas palavras *como se elas explicassem* a atração seletiva que eles observavam entre as substâncias. Dizer que duas substâncias se combinavam porque tinham afinidade uma pela outra não era mais que constatar que tal combinação tinha sido verificada experimentalmente. Isso não significa que alguma causa ou mecanismo estava realmente sendo explicado. Tal postura pode, muitas vezes, ser observada nas falas de nossos alunos e alunas. Apesar disso, o uso de tais idéias foi importante *naquela época* no sentido de fazer com que os químicos pensassem nas reações como processos que ocorriam entre substâncias distintas que se combinavam ou separavam de acordo com certas regras básicas.

No século XVIII, sob a influência das idéias de Newton, vários químicos tentaram quantificar a força de afinidade ou atração, mas sem tentar modificar ou estender as teorias que existiam sobre tal força. No nível filosófico, isso significou mais uma tentativa de dotar a química de um pouco da precisão que existia na física e na matemática. Na França, por exemplo, E.F. Geoffroy construiu, em 1718, uma tabela semi-quantitativa de afinidades. Entretanto, ele não usou a palavra afinidade no título, mas sim *rapport*, uma palavra mais neutra que pode ser traduzida

como 'harmonia'. De fato, Geoffroy apenas classificou as reações de acordo com o grau de facilidade com que as substâncias se uniam umas com as outras. Tal idéia parece emergir como 'conseqüência natural' da adoção do significado de afinidade como força de atração, como também pode ser observado no final da discussão entre os alunos.

Antoine Lavoisier colocou tabelas de afinidade em seu famoso livro publicado em 1789 e reconheceu que o grau de afinidade mudava com a temperatura. Todavia, ele escreveu no prefácio que não explicava o significado de afinidade porque isso seria logo publicado por Guyton de Morveau na Enciclopédia (Partington, 1970). Trabalhos como esses difundiram o significado de *afinidade* e *atração* como uma 'tendência para combinar'. As causas da afinidade permaneciam incompreendidas, mas as tabelas eram úteis principalmente no sentido de prever o resultado das reações.

Novas perspectivas

Em 1850, Archibald Scott Couper começou a distinguir entre 'graus de afinidade', uma característica de um elemento capaz de se combinar com outro em várias proporções e 'afinidade seletiva', a afinidade de um dado elemento por vários outros (Russel, 1971). Tal distinção foi um passo importante no desenvolvimento da idéia de valência. Segundo C.A. Wurtz, idéias sobre força eram secundárias na química e o conceito de afinidade só tinha algum sentido quando relacionado com valência. Em 1869, ele distinguiu claramente atomicidade (valência) de afinidade: atomicidade relacionava-se à transferência de energia de um determinado átomo para outros, enquan-

to afinidade era uma força química de natureza desconhecida. Nessa época, Jean Baptiste Dumas propôs que os diferentes arranjos dos átomos eram responsáveis por diferenças nas propriedades químicas das substâncias, incluindo aí afinidades químicas. Suas idéias sobre arranjo de átomos significaram uma mudança completa no enfoque da questão e impossibilitaram a emergência de qualquer idéia precisa sobre o papel ou a natureza de forças químicas (Levere, 1971). O reconhecimento de que fatores estruturais eram importantes no estudo das reações foi um dos responsáveis pelo surgimento da teoria de valência e da estereoquímica.

O desenvolvimento dessas idéias na segunda metade do século XIX fragmentou a questão em energia química (termoquímica e termodinâmica química) e estrutura química (estereoquímica e teoria de valência), todas de alguma forma originadas da vaga idéia de afinidade. Novas frentes de desenvolvimento do conhecimento químico emergiram com o avanço dos estudos sobre a teoria de valência, os estudos relativos à constituição dos átomos e estrutura das partículas e as interpretações mecânico-quânticas das estruturas das substâncias e da formação de ligações químicas. Hoje, nosso entendimento de como as substâncias são formadas nas reações químicas, resultante da utilização desses conhe-

O reconhecimento de que fatores estruturais eram importantes no estudo das reações foi um dos responsáveis pelo surgimento da teoria de valência e da estereoquímica

cimentos (em qualquer grau de complexidade), não admite qualquer dos significados anteriormente discutidos para afinidade. Nesse sentido, é importante não ignorar nem rejeitar, simplesmente, idéias que nossos alunos expressem em relação à afinidade entre substâncias, mas sim discuti-las e, a partir daí, retomar idéias já introduzidas ou introduzir novas, que favoreçam a compreensão de como as reações ocorrem a partir de um modelo não-animista e não-mecânico.

Finalmente, considero importante ressaltar que o fato de encontrarmos

idéias de alunos e alunas que se assemelham àquelas formuladas por cientistas do passado não significa que o desenvolvimento desses dois conjuntos de idéias seja idêntico, nem que as próprias idéias sejam idênticas. Existe uma grande discussão na literatura em relação à extensão de um possível parale-

lismo entre tais desenvolvimentos de idéias que foge ao escopo deste artigo. Todavia, independentemente do grau de aceitação da existência do paralelismo, acredito na relevância de nós, professores e professoras, conhecermos mais sobre a história da ciência a fim de melhor nos capacitarmos para entender

e discutir algumas das idéias expressas em nossas salas de aula.

Rosária da Silva Justi, bacharel e licenciada em química pela UFMG, mestre em educação pela Unicamp, doutora em ensino de ciências pela Universidade de Reading, Inglaterra, é professora do ensino médio no Colégio Técnico da UFMG e do curso de especialização em ensino de ciências do CECIMIG.

Referências bibliográficas

DUNCAN, A. *Laws and order in eighteenth-century chemistry*. Oxford: Oxford University Press, 1996.

LEVERE, T.H. *Affinity and matter: elements of chemical philosophy 1800-1865*. Oxford: Clarendon, 1971.

MIERZECKI, R. *The historical development of chemical concepts*. Varsóvia e Dordrecht: Polish Scientific Publishers and Kluwer Academic Publishers, 1991.

PARTINGTON, J.R. *A history of chemistry*. London: MacMillan, 1969, v. 2.

_____. *A history of chemistry*. London: MacMillan, 1970, v. 3.

RUSSELL, C.A. *The history of valency*. Leicester: Leicester University Press, 1971.

Para saber mais

Em outros números de *Química Nova*

na *Escola*, já foram recomendados os livros:

- *Dos raios X aos quarks — físicos modernos e suas descobertas* (Brasília: Editora da UnB, 1987), escrito por Emílio Segrè, ganhador do Prêmio Nobel de Física em 1959. Segrè traça um agradável panorama da ciência no final do Século XIX, mostrando por exemplo o quanto as descobertas relacionadas com o conhecimento sobre a estrutura da matéria determinaram alterações na física que atingiram de imediato a biologia (e nesta, particularmente, a genética), a geologia, a medicina e a química.

- *A ciência através dos tempos*, de Attico Chassot (São Paulo: Moderna, 1994), resenhado no primeiro número de *Química Nova na Escola*, oferece uma leitura para aqueles que desejam fazer uma iniciação na história da ciência. Este texto é reco-

mendável como paradidático no final do ensino fundamental e no ensino médio, fazendo com que alunas e alunos façam uma conexão entre as diferentes disciplinas que estudam, usualmente apresentadas de modo muito fragmentado.

- Há dois artigos que poderão ser facilitadores para o tema deste texto: BIZZO, Nélio M. História da ciência e ensino: onde terminam os paralelos possíveis? *Em Aberto*, Brasília, v. 11, n. 55, p. 29-34, jul./set. 1992. Quando se discute a crença dos alunos e das alunas de que uma causa 'íntima' é responsável pelas ligações, vale ler OLIVEIRA, Renato José. O mito da substância. *Química Nova na Escola*, n.1, p. 8-11, maio 1995, que apresenta um questionamento ao substancialismo associado à idéia de 'intimidade' das substâncias.

IX Encontro Nacional de Ensino de Química O Desafio de Ensinar no Século XXI

Universidade Federal de Sergipe
São Cristóvão - SE
13 a 17 de Julho de 1998

EIXOS TEMÁTICOS

- Química: Ciência x Ensino no século XXI
- Ética e Políticas de Ensino
- A formação de Profissionais da Química e dos Professores de Química
- Química - Sociedade, Tecnologia e Meio Ambiente

OBJETIVOS

O IX Encontro Nacional de Ensino de Química reunirá Profissionais e Estudantes da Área, com o objetivo de:

- Congregar Estudantes e Profissionais da área para apresentar e discutir resultados de suas atividades de ensino e pesquisa
- Refletir sobre os desafios do educador diante dos desafios da ciência e da humanidade para o novo século

- Refletir sobre o papel da Educação Química na formação dos valores éticos e morais na sociedade

ATIVIDADES

- Palestras
- Mesas redondas
- Mini-cursos
- Apresentação de painéis
- Reapresentação de painéis
- Comunicação de experiência em sala de aula

Informações: geq@sergipe.ufs.br
ou na Sociedade Brasileira de Química,
Fone: (011) 2102299
Fax: (011) 814-3602