

**TEXTO DE APOIO A PROFESSORES DE  
QUÍMICA: ESTRATÉGIAS DE ENSINO-  
APRENDIZAGEM DE CONCEITOS  
RELACIONADOS AO TEMA EQUILÍBRIO  
QUÍMICO UTILIZANDO MODELAGEM E  
MODELOS**

ANA PAULA PINTO VIANA  
E RICARDO GAUCHE



# **UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

Decanato de Pesquisa e Pós-Graduação

Instituto de Química

Instituto de Física

Instituto de Ciências Biológicas

Faculdade UnB Planaltina

## **PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS**

### **Texto de Apoio a Professores de Química:**

#### **ESTRATÉGIAS DE ENSINO-APRENDIZAGEM DE CONCEITOS RELACIONADOS AO TEMA EQUILÍBRIO QUÍMICO UTILIZANDO MODELAGEM E MODELOS**

Ana Paula Pinto Viana

Proposta de Ação Profissional realizada sob orientação do Prof. Dr. Ricardo Gauche e apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências – Área de Concentração “Ensino de Química”, pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília.

Brasília – DF

Setembro  
2010

A alegria não chega apenas no encontro do achado, mas faz parte do processo da busca. E ensinar e aprender não pode dar-se fora da procura, fora da boniteza e da alegria.

**Paulo Freire**

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>4</b>
<b>CONHECENDO UM POUCO MAIS SOBRE MODELOS</b>	<b>10</b>
<b>ENTENDENDO UM POUCO MAIS SOBRE EQUILÍBRIO QUÍMICO</b>	<b>13</b>
<b>A INTERFACE ENTRE MODELOS E O EQUILÍBRIO QUÍMICO</b>	<b>15</b>
<b>O CONTEXTO DA PESQUISA</b>	<b>17</b>
<b>DELINEAMENTO METODOLÓGICO</b>	<b>19</b>
<b>EM BUSCA DE UM MODELO SUBMICROSCÓPICO – UM EXEMPLO DE MEDIAÇÃO</b>	<b>30</b>
<b>ANALISANDO O PROCESSO VIVENCIADO E A IMPORTÂNCIA DE CADA ETAPA</b>	<b>41</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>45</b>
<b>APÊNDICES</b>	<b>47</b>
Apêndice A – Atividade 1	
Apêndice B – Atividade 2	
Apêndice C – Atividade 3	

## INTRODUÇÃO

Colega Docente, este texto resulta de pesquisa realizada em sala de aula, associada a dissertação de mestrado por mim elaborada, no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília. A dissertação tem o título “ESTRATÉGIAS DE ENSINO-APRENDIZAGEM DE CONCEITOS RELACIONADOS AO TEMA EQUILÍBRIO QUÍMICO UTILIZANDO MODELAGEM E MODELOS” e foi desenvolvida com a intenção de propiciar elementos para auxiliar o trabalho docente ou orientar aqueles que de alguma forma estejam interessados em fazer com que o processo ensino-aprendizagem ocorra de forma analítica, abrangente, integrada e integradora (FERREIRA, 2006), contribuindo para formar cidadãos capacitados para enfrentar um mundo tecnificado, informatizado e competitivo, oferecendo ferramentas para melhor compreendê-lo ou interpretá-lo.

Minhas preocupações e inquietações relacionadas com o processo ensino-aprendizagem de alunos do Ensino Médio surgiram muito cedo, quando ainda estava cursando o dito 2.º Grau e dava aulas particulares. Pude perceber o quão tortuosas são as assimilações de alguns temas, o que me encorajou, ainda mais, a optar pelo curso de Licenciatura em Química na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), em Belo Horizonte, no ano de 1997. As inquietações se tornaram mais efetivas quando tive a oportunidade de cursar as disciplinas Instrumentação para Ensino de Química e Prática de Ensino, em que discutíamos várias abordagens de ensino, modelos de ensino e problemas, os quais passaram a fazer total sentido quando comecei a atuar em escolas estaduais, no ano de 2001.

Ao longo de oito anos, permanecendo na condição de professora atuante em escolas públicas e particulares, sentia que aumentava a vontade e a necessidade de procurar conhecer

mais sobre Educação. Tive a oportunidade de ingressar no mestrado em Química, já em 2002, na mesma instituição em que graduei. Mas logo chegou a certeza de que esse caminho pouco contribuiria na atuação profissional por mim vivenciada e abandonei o curso, já no 2.º semestre.

A possibilidade de continuar meus estudos na área de ensino de Química veio em 2008, quando ingressei na Universidade de Brasília para cursar o Mestrado Profissional em Ensino de Ciências. Naquele momento, as inquietações apareciam ainda mais fortes e a vontade de buscar melhorias era crescente. A possibilidade de investigar os problemas mais relevantes em nosso contexto, aliadas ao interesse em entender como surgem, conhecer formas de colaborar com a aprendizagem dos alunos e, conseqüentemente, com a melhoria do ensino, tomaram corpo na pesquisa iniciada nesse Mestrado.

A princípio, voltei meus olhares para as pesquisas associadas ao uso e aplicação de modelos e modelagem como ferramenta de ensino, dando continuidade à pesquisa feita para conclusão da graduação. Resolvi, então, analisar como os estudantes concebem o conceito de Equilíbrio Químico e como uma abordagem desse tema por meio do uso de modelos e do processo de modelagem poderia contribuir para a melhoria do ensino desse conteúdo tão complexo na Química. Cabe destacar que esse é um dos grandes vilões da disciplina.

Para maior esclarecimento das questões que me inquietavam, buscamos, agora já sob orientação no Mestrado, nos referenciar nos documentos legais nacionais para o Ensino de Química, dirigidos a contribuir para a formação dos alunos do Ensino Médio, procurando auxiliar sua aprendizagem em uma perspectiva mais ampla, de crescimento pessoal, valorizando os seus conhecimentos prévios e discutindo as falhas ou distorções conceituais, buscando promover maneiras de “pensar certo”<sup>1</sup>. Também utilizamos artigos e dissertações de

---

<sup>1</sup> Segundo Freire (1996) “pensar certo” se refere ao respeito às idéias dos educandos, a valorização do estímulo a criatividade e criticidade dos mesmos, para que a sua curiosidade ingênua evolua para o nível da curiosidade epistemológica.

pesquisadores nacionais e internacionais, priorizando os primeiros em função de espelharem a nossa realidade e muito contribuírem para o embasamento do presente trabalho.

Nos documentos legais, tais como Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM), as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) e, desde 2006, as Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (OCNEM), almeja-se que grande maioria da população possa dispor de competências, habilidades e valores, apresentando um conhecimento de forma integradora, não linear e não fragmentada, ao contrário de como ainda se apresenta nas escolas, dissociado de ações interdisciplinares. Consideram-se essas capacidades como fundamentais para que as pessoas se desenvolvam na vida cotidiana, contribuam para a resolução de problemas, adotem atitudes responsáveis frente ao desenvolvimento do mundo moderno, compreendam as tecnologias e suas consequências, assim como participem ativamente na sociedade, assumindo e defendendo suas ideologias (UEHARA, 2005).

Assim, desenvolvemos uma proposta que contempla estratégias de ensino-aprendizagem de conceitos relacionados ao equilíbrio químico, utilizando como ferramentas facilitadoras modelos e processos de modelagem.

A escolha por trabalhar com o Equilíbrio Químico deveu-se ao fato de ser um conteúdo que apresenta conceitos complexos, que se relacionam a outros conceitos também de difícil assimilação e associação entre si – tais como reações químicas e sua estequiometria, teoria das colisões, cinética química, entre outros – e, principalmente, por contribuir na compreensão de fenômenos químicos (reações químicas), oferecendo ao aluno elementos indispensáveis à compreensão, interpretação e análise de transformações químicas que ocorrem no mundo físico, para que possam não só compreender os processos químicos em si, mas a produção do conhecimento científico e suas aplicações.

Em nosso trabalho de pesquisa, investigamos o que mais dificulta a compreensão de sistemas em equilíbrio químico e como uma abordagem por meio de modelos e processos de modelagem, incentivando a participação direta dos alunos na construção do conhecimento, pode contribuir para minimizar tais dificuldades e permitir que, a partir de um processo dialógico e analítico, os alunos desenvolvam sua autonomia para a resolução de problemas.

A partir desse trabalho engrandecedor, o qual propiciou uma profunda reflexão sobre a minha prática pedagógica e contribuiu significativamente para uma aprendizagem mais ampla dos alunos, nos propusemos a elaborar o presente texto, para compartilhar minha/nossa experiência com os colegas.

Observamos o quanto é importante valorizar o conhecimento prévio dos alunos e criar momentos de discussão das concepções apresentadas por eles, tanto entre eles mesmos, quanto com os professores. Oferecer oportunidade para que os alunos expusessem suas ideias foi fundamental para o bom desenvolvimento do trabalho. Percebendo-se como peças fundamentais nesse processo, eles passaram a participar ativamente, de forma responsável e comprometida. Engajaram-se na realização de todas as atividades, em que destacamos os momentos de análise das proposições, tanto nos grupos quanto nas discussões delas com toda a turma, sempre sob meus olhares atentos.

O processo de mediação nos permitiu observar, discutir, organizar e aprofundar as concepções apresentadas pelos alunos. Também foi possível observar como eles constroem suas concepções, quais associações conseguem fazer e perceber, o que nos permitiu atuar de forma efetiva no processo de construção do conhecimento por parte desses alunos.

Diante desse contexto, é preciso que a Escola e seus educadores atentem que não têm como função ensinar aquilo que o aluno pode aprender por si mesmo e sim potencializar o processo de aprendizagem do estudante. Entendemos que a função da Escola é fazer com que os conceitos espontâneos, informais, que os estudantes constroem na convivência social,



evoluam para o nível dos conceitos científicos, sistemáticos e formais, trabalhados pelo ensino. Eis aí o papel mediador do docente.

A partir dos processos contínuos de intervenção em suas ideias, os indivíduos podem apresentar maneiras diferentes de pensar, desenvolvendo construções paralelas a conceitos específicos, ou seja, um perfil conceitual dentro de domínios específicos, em vez de construir uma única e poderosa ideia (MORTIMER et alii, 1999).

Optamos assim, por desenvolver nossa proposta de ensino baseada no processo chamado de investigação-ação. Essa estratégia permite que o professor utilize suas pesquisas em sala de aula para aprimorar sua prática e, conseqüentemente, promover a melhoria da aprendizagem de seus alunos.

De acordo com Tripp (2005), na investigação-ação, quatro etapas de um ciclo básico permitem aprimorar a prática, por meio de ações que envolvem o planejamento, a implementação, a descrição e a avaliação de mudanças, para a melhoria de sua prática, aprendendo mais, no correr do processo, tanto a respeito da prática, quanto da própria investigação (figura 1).

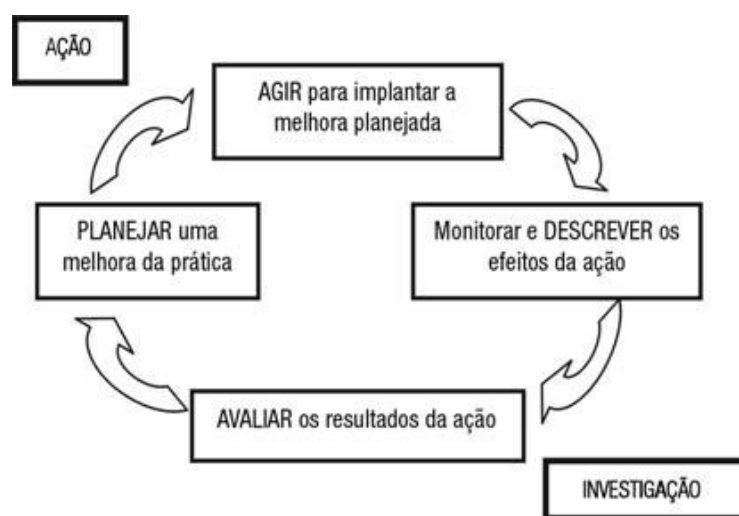


Figura 1: Representação em quatro fases do ciclo-básico da investigação-ação (TRIPP, 2005).

Assim, a investigação-ação torna-se uma ferramenta eficaz no processo ensino-aprendizagem, por promover reflexões e mudanças nos sujeitos nele envolvidos. A participação ativa dos alunos, a ação colaborativa do grupo e da professora-investigadora assim como os vários momentos de reflexão, individuais e coletivos, são algumas das mudanças propiciadas.

## CONHECENDO UM POUCO MAIS SOBRE MODELOS

[...] a compreensão do processo de construção do conhecimento científico a partir de atividades de modelagem se dá pela compreensão do uso de modelos e, principalmente pelo processo de construção dos mesmos. O processo de modelagem permite ao aluno perceber a integração entre diferentes conhecimentos, o processo de interpretação de evidências, a necessidade de elaboração e teste de hipóteses e, principalmente, a dinâmica do processo de construção do conhecimento, que é mutável e sujeito a erros. (FERREIRA, 2006, p. 135).

Acreditamos que, ao se enfatizar o uso de modelos para o ensino de conceitos químicos na Educação Básica, e mesmo para compreender a natureza desses conceitos, na formação inicial de professores de Química, é possível superar distorções conceituais recorrentemente apontadas na literatura, especialmente no que se refere ao conteúdo equilíbrio químico, um dos campeões de “não entendimento” na disciplina.

As autoras Ferreira e Justi (2008, p. 35) nos apresentam a seguinte reflexão sobre o uso e a aplicação de modelos como estratégia de ensino: “O uso de estratégias de modelagem contribuem para um ensino de química mais autêntico, por meio do qual os alunos são capazes de perceber a ciência como um empreendimento humano, com poderes e limitações”.  
(sic)

Especificamente no ensino-aprendizagem em Ciências, devemos ressaltar a importância de processos de construção, testes, análise e reconstrução de modelos, por fornecer aos estudantes elementos essenciais para a elaboração de explicações e para a interpretação da Natureza, elevando a capacidade deles de manipular dados e fazer proposições e previsões acerca dos fenômenos estudados (SOUZA; CARDOSO, 2008).

Surge daí a importância do uso de modelos, visto que modelos estão no centro de qualquer teoria: são as principais ferramentas usadas pelos cientistas para produzir conhecimento e um dos principais produtos da Ciência (NERSESSIAN, 1999).

A construção e a aplicação de modelos são essenciais no processo da pesquisa científica, constituindo parte do processo natural de construção do conhecimento pelo ser humano. Esse processo é inerente ao pensamento de todas as pessoas, cientistas ou leigos, mesmo que com graus de organização e complexidade diferentes (FERREIRA; JUSTI, 2008).

Mas afinal, o que é um modelo? Para muitos, um modelo é uma cópia de alguma coisa, um exemplo a ser seguido; uma definição muito abstrata e abrangente. Uma definição geral para modelo seria “uma representação de alguma coisa” – um objeto, um processo, um fenômeno, um sistema ou uma ideia –, que se origina a partir de uma atividade mental (GILBERT, BOULTER; ELMER, 2000). Assim sendo, um modelo surge inicialmente como uma atividade mental (GILBERT, S. 1991). Uma função de grande importância assumida por um modelo é que ele pode auxiliar o estudo dos fenômenos em Ciências, visto que pode agir como facilitador do processo ensino-aprendizagem, buscando trazer para o real o que às vezes parece ser totalmente abstrato.

Hoje em dia, modelos, processos de criação e testes de modelos assumem um papel bastante significativo no processo de ensino de Ciências, por fazer a conexão do mundo da Ciência com o mundo real, pois são elaborados com propósitos específicos como, por exemplo, facilitar a visualização, fundamentar a elaboração e teste de novas ideias, possibilitar a elaboração de explicações e previsões sobre comportamentos e propriedades do sistema modelado (GILBERT; BOULTER; RUTHERFORD, 2000; JUSTI; GILBERT, 2001).

Apesar da diversidade nas abordagens e visões que aparecem na literatura sobre a teoria construtivista, parece que pelo menos duas são comuns entre seus idealizadores: (i) a

aprendizagem se dá por meio do papel ativo (participativo, observador, crítico) do aprendiz no processo de construção do conhecimento e que (ii) se deve considerar o importante papel das ideias prévias apresentadas pelo aprendiz, visto que a aprendizagem se dá a partir do que o aluno julga ser significativo e se ancora no que ele já sabe.

Nesse sentido, práticas educativas envolvendo a formulação e aplicação de modelos como facilitadores dos processos de aprendizagem traduzem-se em práticas nos moldes da teoria construtivista, pois permitem ao aluno expor suas ideias prévias, elaborar conceitos, reestruturar informações e, quando necessário, criar um novo mecanismo (esquema) de interpretação (JUSTI; SOUZA; FERREIRA, 2006).

## ENTENDENDO UM POUCO MAIS SOBRE EQUILÍBRIO QUÍMICO

Os conceitos científicos se apresentam como hipóteses, na busca pela resolução de problemas específicos, estando sujeitos a precisões e reformulações posteriores. A validade desse conceito está diretamente associada a sua utilidade em um marco teórico determinado, isto é, deve se apresentar como uma ferramenta eficaz para explicar e prever situações semelhantes e, em casos especiais, para orientar o desempenho na prática.

Um exemplo de elaboração e desenvolvimento de um conceito e sua capacidade de explicar os fenômenos relaciona-se diretamente ao equilíbrio químico. De acordo com Gilbert Boulter e Elmer (2000), três modelos históricos foram elaborados ao longo da evolução desse conceito. O primeiro modelo centrava-se nas forças, vigorou ao longo do século XVIII e nos dois primeiros terços do século XIX, correspondendo ao período histórico no qual as reações químicas eram explicadas à luz do paradigma newtoniano da Mecânica Clássica. Posteriormente, o modelo para explicar o equilíbrio químico centrou-se na rapidez das reações, o qual se consolidou a partir do último terço do século XIX, até a primeira parte do século XX. Nesse período, foram iniciadas pesquisas sobre as “velocidades” das reações, as quais apresentaram as relações de proporcionalidade existente entre essas e as massas ativas das substâncias reagentes. Finalmente, surgiu o modelo centrado na energia, caracterizado principalmente pela incorporação da Termodinâmica ao estudo das reações químicas. Esse modelo é norteado por dois princípios centrais:

- 1) assume que o estado de equilíbrio é alcançado quando o sistema produz um trabalho máximo e alcança um potencial energético mínimo;

- 2) assume que um sistema está em equilíbrio quando sua energia livre possui valor mínimo, isto é, um potencial termodinâmico mínimo.

Também segundo Bauman (1972, p. 49), a condição determinante para que um sistema atinja o equilíbrio químico é a de que:

[...] sob as condições existentes, o processo seja termodinamicamente reversível. Esse requisito é, de acordo com a segunda lei da termodinâmica, que as entropias do sistema e do meio ambiente permaneçam inalteradas para pequenas mudanças no estado do sistema.

Analisando a hierarquia conceitual relacionada e a própria evolução do conceito de equilíbrio químico, observamos que muitos desses conceitos não fazem sentido para alunos do Ensino Médio, por se ancorarem em outros ainda não conhecidos, o que inviabiliza o seu entendimento. Nesse sentido, é fundamental que se promovam situações-problema em que predominem discussões qualitativas acerca do processo de equilíbrio químico, em detrimento dos processos matemáticos quantitativos, que, na maioria das vezes se apresentam ausentes de reflexão.

## A INTERFACE ENTRE MODELOS E O EQUILÍBRIO QUÍMICO

A utilização de modelos e processos de modelagem tem sido frequentemente investigada como ferramenta no ensino de conceitos científicos, tais como o Equilíbrio Químico, na tentativa de promover uma melhor compreensão não só dos conceitos, mas também de como eles são elaborados.

O conceito de equilíbrio químico tem sido apontado por muitos autores e professores como um conceito problemático para o ensino-aprendizagem (MACHADO; ARAGÃO, 1996; QUÍLEZ et alii, 1996). Uma das características do equilíbrio químico é a sua natureza dinâmica, o que cria certas dificuldades para os alunos, já que eles encontram o termo equilíbrio em outros contextos. Nas abordagens da Física, o equilíbrio se relaciona, de modo geral, a algo imóvel – balanças, por exemplo. Já em Química, está associado à ideia de “movimento” (PEREIRA, 1982).

O estado de equilíbrio químico está algumas vezes relacionado à ausência de alterações no sistema, o que inclui a concepção de que a reação não acontece mais. Diante dessa ausência, os alunos tendem a conceber o equilíbrio químico como um estado em que nada mais ocorre, ficando a concepção de equilíbrio limitada à de “equilíbrio estático”. Segundo Souza e Cardoso (2008), essa observação explicita a dificuldade em construir um modelo submicroscópico dinâmico, em que partículas de reagentes e produtos estejam presentes, simultaneamente, em um sistema fechado, sujeitas a uma frequência de colisões constantes que, apesar de resultarem em transformações químicas, muitas vezes, não provocam alterações no sistema que sejam observáveis a olho nu.



Outra dificuldade recorrente no ensino de conceitos de equilíbrio químico é a diferenciação entre o que é igual e o que é constante nesse estado, gerando concepções distorcidas sobre a constante de equilíbrio.

Analisando o contexto educacional, de acordo com a discussão apresentada sobre as dificuldades no ensino do conteúdo equilíbrio químico, a busca por novas estratégias que viabilizem o processo ensino-aprendizagem desse tema torna-se interessante e acima de tudo importante para o desenvolvimento da disciplina Química, devido à tamanha proporção que tal conteúdo assume na explicação de fenômenos. Acreditamos que tais dificuldades decorrem da impossibilidade de se analisar o equilíbrio químico de forma direta, fazendo-se necessário o uso de modelos para sua interpretação.

Frente a esse cenário, e sabendo da importância do uso de modelos e processos de modelagem, bem como de sua potencialidade no processo de interpretação e resolução de problemas, neste trabalho, planejamos e desenvolvemos uma estratégia de ensino em ambiente real de sala de aula, que utiliza tais ferramentas, para promover o ensino de forma ampla e emancipatória.

## O CONTEXTO DA PESQUISA

Desenvolvemos a presente pesquisa com alunos do terceiro ano do Ensino Médio de uma escola da comunidade – CNEC – de uma cidade do Noroeste de Minas Gerais, no ano de 2009, onde eu trabalhava havia 6 anos, paralelamente ao trabalhado em sala de aula. Isso, porque o conteúdo equilíbrio químico, apesar de sua extrema importância para o entendimento da Química e do seu relativo grau de complexidade, é ministrado na maioria das escolas do estado de Minas Gerais no último bimestre do segundo ou terceiro anos do Ensino Médio. Devemos destacar também a avalanche de conteúdos a serem desenvolvidos no terceiro ano e o curto espaço de tempo para desenvolvimento de tais conteúdos.

Ainda em esclarecimento sobre a escolha dos sujeitos envolvidos na pesquisa, alunos supracitados, a fizemos de forma que a participação fosse voluntária. Começamos o processo com 45 alunos – o que reflete um contexto rotineiro real de sala de aula – os quais participaram ativamente durante cinco aulas (aproximadamente 250 minutos). Porém, o número de alunos foi reduzindo ao longo da investigação, em função das avaliações finais e, posteriormente, da recuperação – o trabalho foi desenvolvido nas três últimas semanas do ano letivo. Ao final do processo, contávamos com oito alunos, o que não prejudicou a coleta de dados, porque a maioria dos alunos participou efetivamente das cinco primeiras aulas, nas quais foi aplicada a estratégia de ensino.

No total, foram ministradas oito aulas de 50 minutos cada, das quais as duas últimas foram destinadas a avaliações, tanto do processo investigativo, na busca de analisar a evolução conceitual apresentada pelos alunos acerca do equilíbrio químico e do uso de modelos para a resolução de problemas, quanto do grau de satisfação dos alunos em participarem da pesquisa.

A escolha por alunos que já houvessem tido contato com o tema Equilíbrio Químico deveu-se ao fato de querermos identificar e analisar lacunas anteriores à aplicação da estratégia. Tais lacunas supostamente refletem como professores das séries anteriores fizeram a abordagem do tema. Para isso, aplicamos um questionário para levantamento prévio de concepções dos investigados acerca de conceitos associados a equilíbrio químico, considerando sua abordagem microscópica, dando maior ênfase à compreensão conceitual.

Ao longo da investigação, buscamos identificar e analisar as concepções apresentadas pelos alunos, mediando as discussões à luz de uma abordagem qualitativa do equilíbrio químico, assim como dos fatores que nele interferem/ perturbam, sem citar regras e princípios como o de Le Chatelier.

## DELINEAMENTO METODOLÓGICO

Após longas discussões com professores da área, especificamente colegas e professores do mestrado, com grande experiência em sala de aula, considerando as sugestões apresentadas, escolhemos três experimentos envolvendo sistemas em equilíbrio químico que fossem familiares aos alunos e que apresentassem evidências claras do processamento das reações.

Buscamos, com a proposta de trabalho desenvolvida, evidenciar os aspectos qualitativos do equilíbrio químico, evitando atividades que favorecessem a formação de concepções alternativas sobre os conceitos relativos ao tema, conforme apresentado na revisão da literatura. Porém, nos preocupamos em levantá-las e discuti-las quando expressas pelos alunos ao longo do processo investigativo.

Os três fenômenos cotidianos envolvendo reações em equilíbrio químico escolhidos para o desenvolvimento da pesquisa serão apresentados a seguir e detalhados na sessão subsequente.

- ✓ Utilizamos uma lente fotocromática, sob incidência da radiação ultravioleta. Incidimos também a radiação sobre um prendedor de cabelo fotocromático – as famosas ‘piranhas de cabelo’ que mudam de cor.
- ✓ Apresentamos um Galinho do Tempo e, com o auxílio de um borrifador de água e de um secador de cabelo, produziâmos o deslocamento do equilíbrio na reação do cloreto de cobalto presente nas asas do galinho.
- ✓ O terceiro experimento referia-se também a um deslocamento de equilíbrio, porém, no estado líquido. Para isso, utilizamos água, solução de fenolftaleína (indicador ácido/base), solução de amônia (amoníaco) e vinagre (solução de ácido acético).

Esses três experimentos foram apresentados aos alunos e em nenhum momento foi explicado a eles que se tratava de situações-problema envolvendo o equilíbrio químico. A abordagem deu-se de forma qualitativa e a mim coube o papel de mediar todo o processo.

Utilizamos tal estratégia – de não explicar que se tratava de reações em equilíbrio químico –, para que os conceitos emergissem das observações dos alunos e das suas associações com os construtos já assimilados anteriormente e também, para não inibi-los em manifestar suas opiniões sobre o que estavam observando ou até mesmo “mascarar” as ideias expressas.

Como na maioria das escolas, eu tinha uma avalanche de conteúdos para ministrar e um tempo escasso, mas isso não inibiu meu desejo de aprimorar minha prática pedagógica e propor melhorias para o ensino.

Percebemos inicialmente, a importância de fazer uma discussão abrangente sobre modelos, a partir de seu aspecto representacional, destacando o processo de sua construção, sua importância para a formação do conhecimento científico e suas limitações, isso porque, apesar de sabermos a importância do uso de modelos em sala de aula, pouco utilizamos tal estratégia, por estarmos enraizados à “velha” abordagem de ênfase positivista de ensino.

No início da investigação, fiz uma discussão abrangente sobre modelos, a partir de seu aspecto representacional, destacando o processo de sua construção, sua importância para a formação do conhecimento científico e suas limitações. Então, propus aos alunos que, em grupo, construíssem, por meio de desenhos e suas respectivas explicações por escrito, as representações para as situações de reações em equilíbrio apresentadas.

Esses momentos singulares de reflexão sobre os modelos apresentados não tinham como objetivo padronizar as ideias dos alunos, mas sim fornecer a eles o embasamento necessário para que fossem capazes de analisar, modificar ou até mesmo descartar os modelos por eles desenvolvidos.

A utilização de desenhos para representar situações de equilíbrio foi por nós percebida como uma possível alternativa em busca da maior proximidade aos modelos explicativos desenvolvidos pelos estudantes e de maior fidedignidade a suas ideias.

Pedi aos grupos que formulassem proposições para todos os experimentos e escolhessem uma explicação consensual para cada fenômeno e a apresentasse à turma. Caso os integrantes do grupo não entrassem em acordo de opiniões, todas elas deveriam ser apresentadas e discutidas. O nosso intuito com essa atitude era justamente promover a participação de todos os grupos, gerando discussões, defesa de opiniões dos integrantes do grupo que estava apresentando e dos demais colegas dos outros grupos.

Para facilitar a dinâmica do processo e também para não inibir a participação de seus membros, cada grupo escolheu o(s) seu(s) representante(s) para apresentar o(s) modelo(s) proposto(s).

No decorrer das apresentações, os alunos e eu discutíamos cada proposta apresentada. Todo o processo de mediação na discussão das proposições é relatado e discutido na dissertação que propiciou o desenvolvimento dessa estratégia.

Destacamos que todas as aulas tiveram o áudio gravado o que permitiu a retomada às questões mais relevantes apresentadas pelos alunos, complementando as observações e anotações que fiz. Esse procedimento propiciou uma visão ampla de todo o processo vivenciado, levando-nos a uma reflexão contínua sobre cada etapa, permitindo que fossem feitas adequações e retomadas de concepções apresentadas pelos alunos nos momentos oportunos.

## **A Proposta de Trabalho**

Desenvolvemos uma estratégia de ensino-aprendizagem de conceitos relacionados ao equilíbrio químico, utilizando modelos e processos de elaboração de modelos como ferramentas facilitadoras. Para tanto, utilizamos oito aulas de 50 minutos cada, para a aplicação e discussão de todo o processo.

Para melhor compreensão do processo vivenciado, relataremos agora, detalhadamente, cada etapa da proposta e posteriormente discutiremos a importância de cada uma.

### **1.º Encontro: “Conhecendo o que vocês pensam..”**

Neste primeiro encontro, apresentei os três experimentos para os alunos e, em seguida, fiz a divisão dos grupos e entrega da Atividade 1 (Apêndice A), que se encontra anexada no final dessa proposta. O objetivo principal dessa aula era levantar as concepções prévias dos alunos para discuti-las e aprofundá-las no encontro seguinte.

Informei aos alunos que nos interessava entender como interpretavam quimicamente os fenômenos apresentados. Expus, também, que a participação de todos era muito importante e que não estávamos preocupados em obter, somente, respostas certas.

O primeiro experimento foi escolhido pela evidência física de reação química de grande expressividade – mudança de cor da lente fotocromática e do prendedor de cabelo – além da fácil acessibilidade e praticidade dos materiais envolvidos no processo. Foram necessários uma lente fotocromática, um prendedor de cabelo fotocromático e uma luz negra – radiação ultravioleta.

A reação envolvida nesse experimento depende do material constituinte da lente. Se a lente é de vidro, ocorre uma reação de oxirredução com íons prata (Ag). Em nosso

experimento, trabalhamos com uma lente orgânica, constituída por um polímero fotocromico, o 6-nitro-BIPS (isômero N), que se converte no 6-nitro-BIPS (isômero MC), na presença da radiação ultravioleta, conforme a reação representada na figura 2.

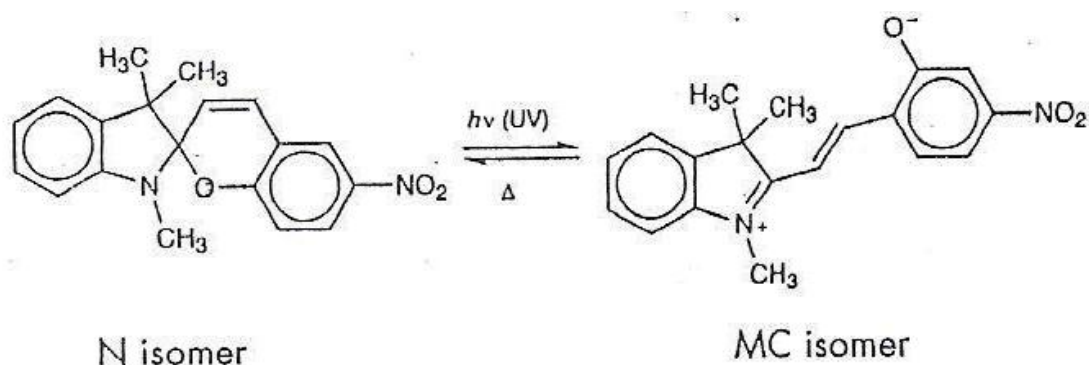


Figura 2: Reação do equilíbrio entre o 6-nitro-BIPS (isômero N) que se converte no 6-nitro-BIPS (isômero MC).

Não forneci a fórmula das substâncias envolvidas nessa reação aos alunos, pois, além da sua relativa complexidade, não nos interessava que os alunos propusessem um modelo estrutural para as substâncias envolvidas no processo e sim um modelo explicativo para o processo.

O segundo experimento – o Galinho do Tempo – também foi escolhido pela acessibilidade, tanto para professores quanto para alunos, que demonstraram já ter visto este “indicador de umidade”. Nesse experimento, utilizamos um Galinho do Tempo, um borrifador de água e um secador de cabelo. O Galinho é feito de um material camuçado contendo cloreto de cobalto impregnado em suas asas.

Sob baixas temperaturas e alta umidade, favorece-se a formação do  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , porém, sob altas temperaturas obtém-se  $\text{CoCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , conforme ilustrado na figura 3, e pela reação ocorrida durante o processo.



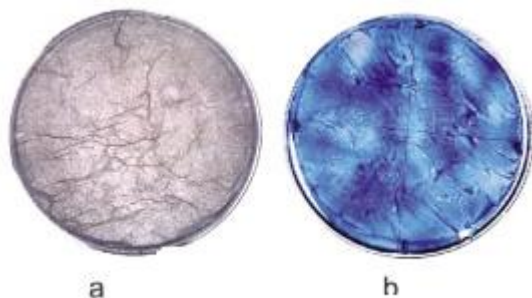
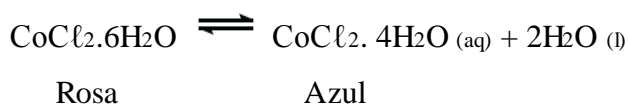


Figura 3: Deslocamento do equilíbrio químico  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} / \text{CoCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ : (a) sob hidratação, maior concentração de  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ; (b) após secagem, maior concentração de  $\text{CoCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  (<[www.scielo.br/img/revistas/qn/v27n6/22294f4.jpg](http://www.scielo.br/img/revistas/qn/v27n6/22294f4.jpg)>).



Sob temperatura ambiente, tanto a substância de coloração rosa  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , quanto a azul  $\text{CoCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , estão presentes em quantidades significativas, resultando na cor violeta da solução. O aquecimento da solução desloca o equilíbrio, no sentido da reação direta, favorecendo a formação de  $\text{CoCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  (azul). Por outro lado, o resfriamento da solução desloca o equilíbrio no sentido inverso, favorecendo a formação de mais  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (rosa).

Assim, apresentei o Galinho do Tempo aos alunos, que demonstraram já conhecê-lo como “indicador de chuva, de umidade”. Como o dia estava nublado, com umidade alta, o Galinho apresentava coloração rósea. Promovemos então o aquecimento de uma das asas do Galinho com o auxílio do ar quente de um secador de cabelos, a qual assumiu a coloração azul. Pedi aos alunos que observassem o processo. Chamei a atenção para os dois lados, as duas asas.

Para melhor evidenciar a reação, borrifamos água sob a asa que havia recebido o jato de ar quente, a qual assumiu a coloração rósea novamente. Então, demos um novo jato de ar quente nessa asa e perguntei aos alunos o que eles observaram. Em coro, responderam: “uma mudança de cor”. Na tentativa de que percebessem a coexistência das duas substâncias,

perguntei se a mudança acontecia instantaneamente ou se era gradual. Eles pediram que repetíssemos o experimento, para melhor observarem. Perceberam a mudança gradativa da coloração, mas não a manifestaram em seus relatos – nem nos desenhos, por escrito ou oralmente.

O terceiro experimento referia-se também a um deslocamento de equilíbrio, porém, no estado líquido. Para isso, utilizamos água, solução de fenolftaleína (indicador ácido/base), solução de amônia (amoníaco) e vinagre (solução de ácido acético). Também a escolha deveu-se à fácil visualização e à acessibilidade dos materiais, além de serem substâncias conhecidas dos alunos.

Na molécula de fenolftaleína, pode-se observar a presença de hidroxilas fenólicas que apresentam caráter ácido, ou seja, ao reagirem, essas hidroxilas liberam um hidrogênio ionizado ( $H^+$ ), que se combina com hidroxilas presentes em maior quantidade em uma solução básica. Nesse caso, diz-se que ela é uma doadora de  $H^+$  e, por isso, apresenta caráter ácido. Na forma ionizada, conforme ilustra a reação na figura 4, é possível observar a coloração avermelhada:

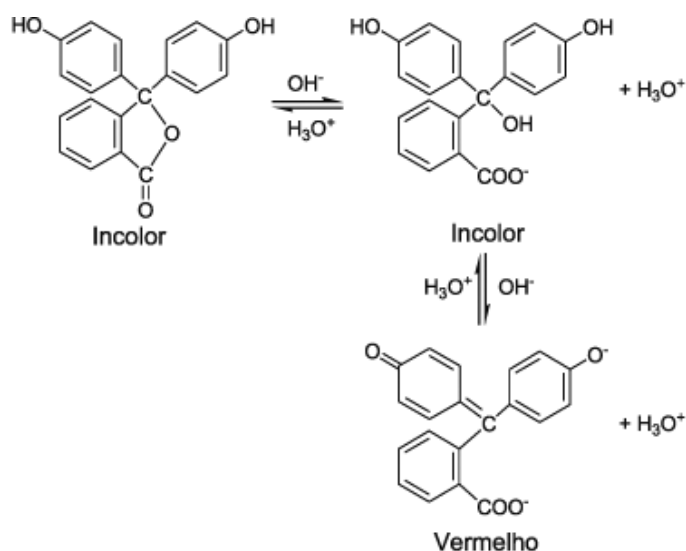


Figura 4: Fórmula Estrutural da fenolftaleína (OSAWA; GONÇALVES, 2006, p. 594).

Optamos por fazer a apresentação deste experimento no retroprojektor, para facilitar a visualização de todos, visto que a sala encontrava-se muito cheia.

Inicialmente, coloquei a solução de amônia em um béquer e, em seguida, adicionei uma gota de fenolftaleína. Os alunos logo perceberam a mudança de cor e relacionaram a substância do béquer a uma base, visto que ainda não havia informado a eles qual era o conteúdo do béquer. Adicionei, então, algumas gotas de vinagre e novamente os alunos relacionaram esta nova mudança de coloração ao caráter ácido do vinagre.

Novamente, na perspectiva de que percebessem a coexistência das duas substâncias, perguntei se, ao adicionarmos o ácido, a mudança acontecia instantaneamente ou se era gradual e eles pediram que repetíssemos o experimento para melhor observarem. Perceberam a mudança gradativa da coloração e alguns grupos manifestaram em seus desenhos e em suas descrições por escrito, mas não houve tentativas de explicar o fato.

Todas as hipóteses levantadas para a explicação desse fenômeno foram organizadas para serem discutidas no encontro seguinte e essa dinâmica foi informada aos alunos desde o início.

Percebemos, nesse primeiro encontro, que os alunos demonstraram, por meio das explicações escritas e orais, relacionar os fenômenos com os construtos e conceitos químicos já estudados anteriormente. Porém, ainda predominava a influência de ideias de natureza macroscópica sensorial, principalmente na elaboração dos desenhos. Julgamos que este comportamento apresentado pelos alunos é, dentre outros fatores, reflexo da abordagem de ênfase positivista no ensino, que pouco ou nada privilegia as ideias apresentadas pelos estudantes, e da falta de práticas pedagógicas que utilizem modelos e processos de formulação de modelos na construção do conhecimento.

Assim, após analisar os desenhos e as proposições escritas e orais dos grupos na tentativa de elaborar um modelo explicativo para os fenômenos apresentados, percebemos que

era fundamental retomarmos, mais uma vez, o processo de elaboração de modelos, destacando os processos de levantamento e teste de hipóteses, bem como a discussão de sua abrangência e suas limitações. Consideramos importante destacar, também, que nos interessava saber como eles concebiam e interpretavam os fenômenos em nível submicroscópico.

## **2.º Encontro – “Conhecendo o que vocês pensam.. agora em NÍVEL SUBMICROSCÓPICO”**

O objetivo desse encontro era justamente retomar as ideias mais relevantes apresentadas no encontro inicial e investigar como percebiam e tentavam explicar as situações-problema dentro da perspectiva do que eles não conseguiam ver, só imaginar.

Esse encontro propiciou discussões riquíssimas que possibilitaram a continuidade da pesquisa. Após a rerepresentação dos experimentos, entreguei a Atividade 2 (Apêndice B) e pedi que discutissem novamente os fenômenos, apresentando, agora, modelos em nível submicroscópico.

Como não dispúnhamos de muito tempo, em função do grande número de alunos, e para não tornar a atividade cansativa, optamos por dividir a apresentação dos modelos propostos à turma, de modo que cada experimento seria explicado por dois grupos distintos.

Nesse encontro, chegamos à primeira relação das situações apresentadas com o equilíbrio químico e identificamos as principais características determinantes dele.

A partir das intervenções nas ideias e modelos representativos apresentados pelos alunos, foi possível caracterizar, nos fenômenos apresentados:

- ✓ dinamicidade do processo em equilíbrio químico – a reação não para de ocorrer;
- ✓ coexistência de reagentes e produtos em um mesmo local – contrariando a visão compartimentalizada das reações;
- ✓ simultaneidade das reações – reação direta e inversa ocorrendo simultaneamente, contrariando a visão da unilateralidade;

- ✓ constância das concentrações de todas as espécies participantes do sistema em equilíbrio – concentrações permanecem constantes, contrariando a ideia de que as concentrações são iguais.

### **3.º Encontro: Propondo um modelo explicativo para um equilíbrio sólido e seus deslocamentos**

Nesse encontro, apresentei ao grupo as questões mais relevantes levantadas e defendidas no encontro anterior, bem como os principais conceitos já discutidos.

O nosso objetivo no terceiro encontro era observar a capacidade dos alunos em relacionar os modelos propostos para explicar o primeiro experimento e os demais, ou seja, a habilidade em correlacionar os fenômenos, refletindo sobre a abrangência do modelo proposto.

Assim, os alunos tiveram a oportunidade de testar a hipótese desenvolvida para explicar o fenômeno 2 – o Galinho do Tempo – e comparar com a proposição anterior. Eles observaram que os fenômenos eram semelhantes e que o modelo proposto no primeiro encontro deveria ser ampliado, para contemplar uma nova característica observada, as perturbações nos sistemas em equilíbrio.

Então, acrescentaram ao modelo representacional a seguinte explicação:

- ✓ perturbações em um sistema em equilíbrio geram uma alteração momentânea, no sentido de minimizar a perturbação, levando a uma nova situação em equilíbrio químico.

### **4.º Encontro: Propondo um modelo explicativo para um equilíbrio ácido/base.**

Esse encontro teve duração de 50 minutos, quando foi apresentado e discutido o modelo proposto para explicar o experimento 3, bem como o foram suas semelhanças e diferenças em relação aos demais fenômenos apresentados anteriormente.

Em função do tempo decorrido e para elucidar algumas questões que porventura ainda não estivessem totalmente esclarecidas, achamos prudente repetir o experimento, antes da apresentação do modelo explicativo. Após as discussões sobre o modelo proposto, fizemos uma análise qualitativa do equilíbrio químico de forma geral, apontando suas principais características e suas relações com os modelos propostos, a fim de relacionar e contrapor as ideias apresentadas, bem como explorar as limitações e aplicabilidade deles.

### **5.º Encontro: A Avaliação**

O quinto encontro foi marcado para aplicação de um dos instrumentos da avaliação processual (Apêndice C). O objetivo desse instrumento era analisar como os alunos haviam percebido o processo e verificar o que eles aprenderam, tanto sobre o equilíbrio químico quanto sobre a utilização de processos de modelagem para a resolução de problemas. A duração desse encontro foi de uma hora-aula e, para não gerar nenhum tipo de constrangimento, informamos aos alunos que não precisavam se identificar na avaliação.

### **6.º Encontro – Retomando o processo por meio da avaliação.**

Esse encontro foi marcado com o objetivo de discutir a avaliação processual e analisar com os alunos a estratégia de ensino-aprendizagem proposta.

## EM BUSCA DE UM MODELO SUBMICROSCÓPICO – UM EXEMPLO DE MEDIAÇÃO

Para melhor ilustrar o desenvolvimento da estratégia por nós desenvolvida, passaremos agora a descrever os fatos ocorridos em nosso segundo encontro que resultou em um modelo elucidativo para o equilíbrio químico no estado sólido – em termos qualitativos – ocorrido tanto nas lentes fotocromáticas quanto nos prendedores de cabelo fotocromáticos.

Esse encontro teve a duração aproximada de 100 minutos (2 horas-aula) e contávamos com um número de 34 alunos, bastante interessados no processo. Remanejei alguns alunos, resultando 7 grupos, e novamente solicitei que representassem o que observaram (Atividade 2, Apêndice B), agora em nível submicroscópico.

Como não dispúnhamos de muito tempo, em função do grande número de alunos, e para não tornar a atividade cansativa, optamos por dividir a apresentação dos modelos propostos à turma da seguinte maneira:

- ✓ os grupos A e C seriam responsáveis por apresentar propostas para explicar o primeiro experimento – Lente fotocromática (os integrantes do grupo B não compareceram neste encontro);
- ✓ os grupos D, E e F apresentariam proposições explicativas para o segundo experimento – Galinho do Tempo;
- ✓ os grupos H e I iriam expor suas ideias acerca do terceiro experimento – Reação ácido-base com fenolftaleína (só compareceu uma integrante do grupo G, que foi remanejada para o grupo H).

Representaremos pela letra **E** a explicação por escrito relatada pelo grupo para os fenômenos apresentados; pela letra **A**, a fala individual da(o) aluna(o) ao apresentar seus modelos ou suas ideias à turma; e, pela letra **P**, os processos de mediação docente. Além disso, indicaremos com índices de A a I (subscritos) o grupo ao qual pertence a(o) aluna(o) ou a explicação. Os fatos serão apresentados em uma sequência cronológica, dispensando numerações.

## 2.º Encontro – “Conhecendo o que vocês pensam.. agora em NÍVEL SUBMICROSCÓPICO”

Após analisar os desenhos e as proposições escritas e orais dos grupos na tentativa de elaborar um modelo explicativo para os fenômenos apresentados, percebemos que era fundamental retomarmos, mais uma vez, o processo de elaboração de modelos, destacando os processos de levantamento e teste de hipóteses, bem como a discussão de sua abrangência e suas limitações. Consideramos importante destacar, também, que nos interessava saber como eles concebiam e interpretavam os fenômenos em nível submicroscópico.

Assim, iniciamos esse segundo encontro com os alunos, retomando as principais ideias apresentadas anteriormente e rerepresentando os três experimentos. Pedi a eles que, nesta aula, propusessem modelos explicativos para o comportamento das entidades submicroscópicas que não podiam ver, só imaginar.

Os grupos foram retomados e passamos a discutir, de modo individualizado, as ideias-chave. Nesse processo, levamos um tempo substancial, mas extremamente importante para o bom desenvolvimento do trabalho. Pudemos observar o comportamento dos membros do grupo na defesa de suas ideias, quais eram suas maiores preocupações, o que lhes chamava mais atenção em cada fenômeno e contribuía para a formulação das hipóteses.

Os grupos **A** e **C** ficaram responsáveis pela elaboração de um modelo para explicar o fenômeno 1, da lente fotocromática. Em discussão com o grupo **A**, percebemos que eles já conseguiam conectar as ideias com o mundo submicroscópico associando o fenômeno a uma reação química em que o polímero constituinte da lente reagiria com a radiação ultravioleta, provocando uma maior agitação das moléculas, o que contribuiria para a formação de uma nova substância, que apresentava cor.

**A1<sub>A</sub>**: *O polímero, que será o reagente, reagirá com os raios UV, produzindo uma substância que faz as lentes escurecerem.*



**A2<sub>A</sub>:** *O polímero, que será o reagente, ao ficar exposto com os raios UV, faz com que as moléculas se agitem, produzindo uma nova substância que libera energia, consistindo assim na mudança de cor.*

Em discussão com os alunos, perguntei o que eles achavam que ocorria internamente nas moléculas do polímero, quando elas entravam em contato com a radiação UV.

**A1<sub>A</sub>:** *Elas se agitam e se reorganizam.*

**A3<sub>A</sub>:** *Tem quebra de ligação e formação de outras.*

**P:** *O que é necessário para haver quebra de ligação?*

**A1<sub>A</sub>:** *Absorção de energia. É isso, as moléculas do polímero absorvem energia da radiação UV, quebram ligações, se reorganizam e formam outra substância. Tá certo, Professora?*

Consideramos importante pedir ao grupo que discutissem as hipóteses levantadas, verificando se mais algum fator poderia ser explorado no modelo elaborado por eles e, no intuito de explorar a abrangência do modelo por eles proposto, pedi que pensassem se esse modelo também explicava o que ocorria com o prendedor de cabelo.

No desenho apresentado pelo grupo (figura 5), fica claro o entendimento de que ocorre a formação de uma nova substância, responsável pelo aparecimento da cor – ocorrência de uma reação química. Destaquei o fato de que a lente em que foi representado o produto apresentava tonalidades diferentes e a que continha os reagentes era homogênea, talvez uma tentativa de representar a coexistência das substâncias. Porém, eles representaram reagentes em uma lente, produto na outra, o que entendemos refletir uma visão compartimentalizada do processo. Também permanecia a influência das concepções de natureza macroscópica sensorial – representação dos óculos.

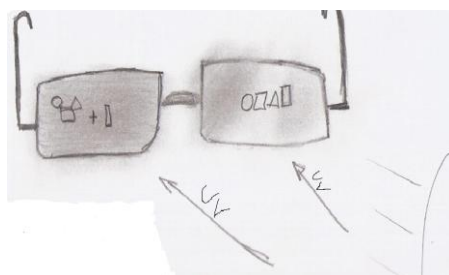


Figura 5: Modelos apresentados pelo grupo A

O grupo C associou a absorção de energia com o rompimento de ligações intermoleculares.

*E<sub>C</sub>: As moléculas do material pelo qual a lente é feita absorvem a energia luminosa, assim, rompem as ligações intermoleculares. Ao final, há um saldo negativo da energia, ou seja, parte é liberada, ocorrendo a mudança de cor naquele instante.*

Questionei sobre o rompimento das ligações intermoleculares e observamos uma confusão nas ideias relativas aos conceitos químicos e físicos. Na tentativa de organizar ou retificar as ideias apresentadas, resolvi aprofundar no que eles estavam pensando.

*P: Sabendo que se trata de um polímero orgânico, qual ou quais os tipos de interações intermoleculares presentes entre suas moléculas?*

*A1<sub>C</sub>: Principalmente dipolo induzido.*

*P: São interações fortes?*

*A2<sub>C</sub>: Não, são as mais fracas.*

*P: Pelos conhecimentos físicos que vocês apresentaram (eles associaram o comprimento de onda da radiação UV e sua intensidade), a radiação UV seria capaz de promover o afastamento das moléculas? É isso que vocês querem dizer quando falam do rompimento das ligações intermoleculares?*

*Coro: É isso.*

*P: Então, quando as moléculas se afastam elas emitem luz?*

*A1<sub>C</sub>: Não.*

*A2<sub>C</sub>: Se a interação é fraca e a radiação é alta, as moléculas vão agitar mais.*

*P: E o que ocorre quando as moléculas se agitam mais intensamente? (Começo a agitar as mãos na tentativa de representar as moléculas)*

*A1<sub>C</sub>: Elas colidem e podem formar outra substância.*

Considerei importante retomar as ideias apresentadas pelo grupo no encontro anterior, investigando por que haviam abandonado o modelo proposto inicialmente.

*P: Em nosso primeiro encontro, vocês propuseram que a incidência da radiação UV na lente gerava uma reação química devido à agitação das moléculas. Por que vocês abandonaram essa proposta? Ou vocês consideram o afastamento das moléculas uma reação química?*

*A1<sub>C</sub>: Não, Professora, a gente pensou que a radiação iria provocar uma agitação das moléculas e elas iriam se afastar, só que também elas vão colidir.*

*P: Vamos voltar ao afastamento das moléculas... O que vocês observam, em termos de evidência física, quando a radiação é incidida sobre a lente ou sobre o prendedor?*

*Coro: Muda de cor.*

**P:** Vocês acreditam que só o afastamento das moléculas iria promover o aparecimento da cor? O que acontece nesse afastamento que provoca a mudança de cor?

**A3C:** Acho que precisamos pensar um pouco mais. O nosso primeiro modelo explicava melhor...

Observamos neste grupo um choque de ideias. Uma parte do grupo acreditava na formação de uma nova substância, outros defendiam a ideia do rompimento das ligações intermoleculares. O modelo inicial foi abandonado e, após a mediação e as novas discussões, foi retomado e ampliado. Porém, nos desenhos propostos (figura 6), o grupo retomou a ideia do rompimento das interações, visto que não havia diferença nas moléculas representadas, apenas um afastamento.

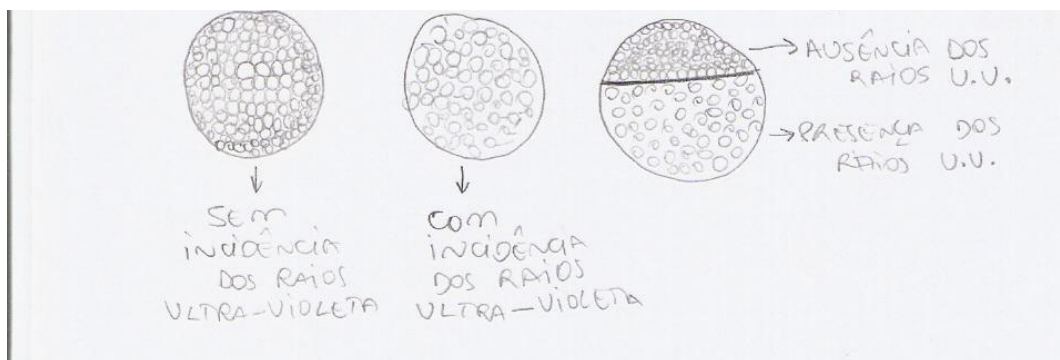


Figura 6: Desenhos apresentados pelos alunos Grupo C.

Em função do tempo gasto nas discussões com os grupos, e para não tornar a atividade cansativa, achamos prudente discutir somente os modelos propostos para explicar o fenômeno 1 – lente fotocromática – o qual apresentaremos a partir de agora. Apresentaremos as discussões dos outros dois fenômenos com os demais grupos mais à frente.

### **Em busca de um modelo submicroscópico**

Na busca de um modelo consensual e que se aproximasse ao máximo do quimicamente aceito, pedi ao grupo A, que iniciasse a apresentação do seu modelo à turma, pela clareza das ideias apresentadas pelo grupo e que muito contribuiriam para o desenvolvimento da atividade.

Um representante do grupo expos o modelo proposto no quadro, explicando que, para eles, tratava-se de uma reação química ocorrida entre o polímero e a radiação UV, formando um produto de cor escura. Afirmou que as moléculas, ao interagirem com a radiação, se agitariam, formando uma nova substância, mudando a cor e liberando energia. Questionado sobre como se daria esse processo, o aluno afirmou que “*o raio vai agitar as moléculas e muda a estrutura do polímero, formando um novo produto*”.

Um representante do grupo **H** pediu a palavra.

*A<sub>H</sub>: Eu acho que, quando aquece, as ligações se quebram e se organizam de outro jeito. Muda o posicionamento dos átomos e isso provoca a mudança de cor.*

A participação e o envolvimento dos alunos nessa atividade foram bastante significativos. Percebemos que eles faziam associações com construtos químicos já compreendidos e na apresentação das hipóteses encontravam-se seguros. Os alunos do grupo **C** também demonstraram concordar com o modelo apresentado e contribuíram para sua ampliação. Fizemos, então, a associação das ideias já apresentadas e destacamos que estávamos buscando um modelo consensual.

*P: Segundo o que vocês afirmaram, a radiação ultravioleta vai interagir com as moléculas do polímero, promovendo uma maior agitação, que vai provocar quebra de ligações, rearranjo dos átomos, ou seja, vai formar uma nova substância que apresenta cor. Certo?*

*A<sub>C</sub>: Ou que não permite a passagem de luz.*

*P: O que vocês acham do modelo apresentado? Ele contempla explicações para a evidência do processo?*

Grande parte dos alunos manifestou afirmativamente que concordava com o modelo proposto, associando as explicações com a mudança de cor.

Na perspectiva de explorar a abrangência do modelo proposto, questionei se também o fenômeno ocorrido com o prendedor de cabelo podia ser explicado pelo mesmo modelo. Inicialmente, muitos ficaram em dúvida, mas, uma aluna fez uma afirmação que levou toda a turma a refletir.

**A<sub>D</sub>**: *Acredito que o modelo explica porque o prendedor de cabelo também é feito de um polímero que muda de cor.*

**P**: *Em que condições o polímero muda de cor?*

**A<sub>D</sub>**: *Quando entra em contato com a radiação.*

Assim, chegamos a um modelo explicativo consensual para o fenômeno que contemplava conceitos relativos a reação química e cinética química – agitação das moléculas, quebra de ligações e reorganização dos átomos. Porém, nosso modelo não abrangia todos os aspectos do fenômeno. Procuramos, então, explorar a reversibilidade das reações.

**P**: *Ainda pensando no processo de formação da nova substância, quando ocorre a mudança de cor, ela permanece indefinidamente?*

**A<sub>C</sub>**: *Não, depende do meio. Se o ambiente for mais claro, forma a substância escura e se o ambiente for escuro, volta.*

Pedi que o aluno explicasse melhor, pois percebi a oportunidade de buscar o conceito de reversibilidade.

**A<sub>C</sub>**: *Se o material tiver na presença da radiação, forma a substância escura e se a radiação for retirada, volta a substância inicial.*

**A<sub>A</sub>**: *O processo é reverso.*

**P**: *O processo é reversível? O que vocês entendem por um processo reversível?*

**A<sub>A</sub>**: *O processo é reversível, porque, dependendo do meio, favorece a formação de uma das substâncias, ou o reagente ou o produto.*

**A<sub>C</sub>**: *Os átomos vão se reorganizar de novo.*

Buscando um melhor entendimento e socialização das ideias expressas, bem como no intuito de testar a hipótese levantada, questionei sobre o que ocorria ao longo do processo de irradiação.

**P**: *Vamos observar o processo e o modelo explicativo proposto. Tínhamos moléculas de uma substância que, ao reagir com a radiação UV, sofreram quebra de suas ligações, os átomos se reorganizaram, formando uma nova substância, que apresentava uma coloração. E o que acontece na ausência da radiação?*

**A<sub>C</sub>**: *Vai haver uma nova reorganização dos átomos, voltando à substância inicial.*

**A<sub>A</sub>**: *Volta a formar o reagente, o polímero.*

Após a socialização e discussão dessas ideias, percebemos que chegávamos a um consenso. O modelo se aproximava, gradativamente, daquele quimicamente aceito, mas ainda precisava explorar a coexistência das substâncias.

Percebemos que a turma apresentava ideias bastante heterogêneas em relação à coexistência das substâncias. Alguns alunos, que demonstraram entender a reversibilidade das reações, apresentaram dificuldade em aceitar tal concepção, apresentando uma visão compartimentalizada do processo em que a existência de uma das substâncias impedia a existência da outra. Outros já demonstravam clareza nas ideias de que uma se transformava na outra, de acordo com o meio – presença ou ausência da radiação UV.

**P:** *Se o processo é reversível, o que já percebemos que sim, será que, na lente, existem as duas substâncias?*

**A1<sub>D</sub>:** *Existem as duas substâncias e uma se transforma na outra, dependendo da radiação.*

**P:** *Como vocês imaginam que as duas substâncias se organizam na lente?*

**A1<sub>H</sub>:** *Não, quando existe uma, não existe a outra.*

**A1<sub>A</sub>:** *Se as duas existissem – ao mesmo tempo –, a lente ia ficar escura e transparente ao mesmo tempo.*

**P:** *Vamos voltar nas observações do que ocorre com o prendedor de cabelo e a lente. Quando a gente coloca o prendedor ou a lente em contato com a radiação UV, a mudança de cor é instantânea? Muda toda a cor de uma vez?*

**A1<sub>H</sub>:** *Não, é gradual.*

**P:** *Se é gradual, o que isso indica? (em termos do processo)*

**A1<sub>H</sub>:** *Que uma vai se transformando na outra.*

**A1<sub>C</sub>:** *Mas o processo é rápido. Muda a cor rapidinho.*

**P:** *O processo é rápido, mas o que ocorre para que haja a mudança de cor?*

**A1<sub>C</sub>:** *Uma se transforma na outra.*

**P:** *Como uma se transforma na outra, isso quer dizer que existem as duas substâncias, vocês concordam?*

**Coro:** *Sim.*

**A1<sub>H</sub>:** *Que uma se transforma na outra, eu entendo, mas por que tem hora que fica claro e outra fica escuro?*

**P:** *Vocês compreendem que para mudar de cor é preciso que uma substância se transforme na outra. Então, se uma necessariamente tem que se transformar na outra, o que a gente conclui?*

**A1<sub>H</sub>:** *Que as duas existem.*

**P:** *Quando há incidência maior da radiação, o que vocês observam? Qual das substâncias aparece em maior quantidade?*

**A1<sub>H</sub>:** *A escura.*

**P:** *E quando a radiação é menos intensa?*

**A1<sub>H</sub>:** *Volta a aparecer a substância clara.*

**P:** *Então, o que podemos concluir, associando tudo isso que foi discutido?*

**A4<sub>C</sub>:** *Que as duas substâncias existem ao mesmo tempo, só que em quantidades diferentes. Quando tem radiação, forma mais da substância escura e quando não tem, forma mais da clara.*

Organizando as ideias expressas pelos alunos, contemplando a reversibilidade da reação e a coexistência de reagentes e produtos, percebi que seria fundamental investigar se essas proposições estavam realmente claras para os estudantes. Então, questionei:

**P:** *Observando o processo e pensando em sua reversibilidade, quando uma substância se forma a outra deixa de existir? Como vocês imaginam que estas substâncias se comportam?*

**A4<sub>C</sub>:** *Existem ao mesmo tempo, no processo uma vai se transformando na outra. (referindo-se às moléculas de reagentes e produtos)*

**A1<sub>H</sub>:** *É, porque o processo é reversível!*

**P:** *Vamos enumerar as principais ideias apresentadas por vocês... De acordo com o que propuseram, haverá uma reação química reversível, em que moléculas de um polímero irão interagir com a radiação UV, o que provocará uma maior agitação das moléculas. Os choques gerados promoverão a quebra das ligações e, conseqüentemente, a reorganização dos átomos. Vocês afirmaram, também, que reagentes e produtos coexistem, porque um se transforma no outro continuamente. Voltando ao nosso modelo inicial, expresso no quadro: ele contempla todas as ideias que apresentamos aqui? A reversibilidade, a coexistência das substâncias?*

Fiz tais questionamentos no intuito de testar o modelo apresentado e verificar qual o comportamento dos alunos diante das limitações do desenho proposto.

**A5<sub>C</sub>:** *Do jeito que foi feito o desenho, ele está incompleto. Como as duas substâncias existem ao mesmo tempo, tinha que desenhar as duas dos dois lados.*

**P:** *Na mesma quantidade?*

**A5<sub>C</sub>:** *Pode ser.*

**A4<sub>C</sub>:** *Não, em quantidades diferentes. Depende, porque, quando tem radiação, forma mais da substância escura e quando não tem, forma mais da clara.*

Entendemos que esse era o momento para investigar se eles conseguiam associar os fenômenos apresentados ao equilíbrio químico, em função de que a maioria dos estudantes demonstrava clareza no entendimento do processo.

**P:** *E o que vai acontecer, quando a velocidade em que os reagentes formam o produto for a mesma que o produto se transformando em reagentes? Ou seja, a velocidade com que a reação entre o polímero e radiação forma a substância escura for a mesma que a substância escura volta a formar o polímero e liberar energia?*

**A6C:** *Elas entram em equilíbrio.*

**P:** *Que tipo de equilíbrio?*

**A6C:** *Equilíbrio químico.*

**P:** *E o que vocês entendem por equilíbrio químico?*

**A5C:** *É quando as substâncias, reagentes e produtos, coexistem.*

**A2A:** *A reação também tem que ser reversível.*

Percebemos que nenhum aluno associou suas proposições à igualdade das velocidades das reações direta e inversa. Mas conseguiam associar a intensidade da radiação com o deslocamento do equilíbrio.

**A6C:** *Elas não precisam ficar na mesma quantidade. Por exemplo, quando a radiação UV é mais intensa, a substância escura está presente em maior quantidade. Deslocou o equilíbrio.*

**P:** *Deslocou o equilíbrio? Qual é o fator determinante para que uma reação reversível entre em equilíbrio?*

**A6C:** *As velocidades têm que ser a mesma.* (Gesticula com as mãos em direção das reações direta e inversa)

Questionei, também, sobre o que entendiam por deslocamento do equilíbrio e percebi que as ideias ainda eram um pouco confusas. Como iríamos explorar o deslocamento do equilíbrio no experimento do galinho do tempo, e já percebia a turma um pouco cansada, achei prudente finalizar o modelo proposto e prosseguir com as investigações acerca do deslocamento do EQ no próximo encontro.

Assim, o modelo proposto para explicar o fenômeno da lente fotocromática e do prendedor de cabelo foi retomado e ampliado (figura 7), de maneira a contemplar a reversibilidade da reação e a coexistência de reagentes e produtos.



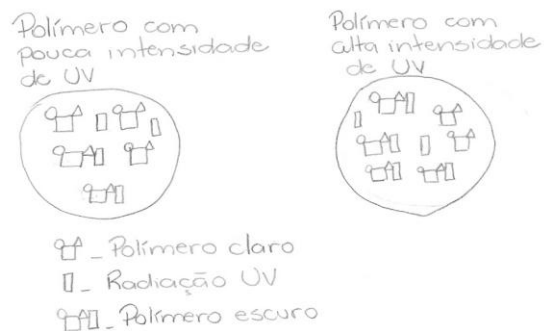


Figura 7: Modelo consensual proposto ao final do 2.º encontro.

Nesse encontro, constatamos que, pela mediação, contemplando e valorizando as ideias apresentadas pelos alunos, conseguimos um avanço considerável tanto nas explicações – orais e escritas –, quanto nos desenhos apresentados. Isso nos aproximava, cada vez mais, de um modelo quimicamente aceito e de uma visão mais ampla de como se constrói o conhecimento científico.

O empenho da turma era notório, com participação ativa dos integrantes da maioria dos grupos. Percebemos, pelas atitudes dos alunos, que, com essa atividade, conseguimos promover a “*curiosidade epistemológica*” (FREIRE, 1996), isto é, que os alunos se tornavam observadores críticos, questionadores, capazes de comparar, valorar, intervir, escolher e até mesmo romper com suas próprias ideias.

## **ANALISANDO O PROCESSO VIVENCIADO E A IMPORTÂNCIA DE CADA ETAPA**

A maneira como foi conduzida a estratégia de ensino encorajou os estudantes a desenvolverem seus modelos explicativos, observando, questionando, testando, comparando com as outras propostas e discutindo com os colegas, em busca de um modelo consensual. Eles tiveram a oportunidade de analisar a abrangência e as limitações dos modelos propostos e desmitificar as “descobertas científicas”, uma vez que participaram ativamente do processo de construção de um modelo aceito cientificamente. Todo processo de elaboração de modelos é inerente à construção do conhecimento científico e, por consequência, o desenvolvimento do conhecimento sobre modelos implica, por decorrência, o conhecimento do próprio desenvolvimento da Ciência (FERREIRA; JUSTI, 2008).

Ao longo de todo o processo, os questionamentos docentes destinaram-se a gerar reflexões, avaliar a convicção dos alunos na defesa de suas ideias, organizar e clarificar as proposições. Destacamos a recorrência ao entendimento dos fenômenos em nível submicroscópico, enfatizando a dinâmica das reações químicas em equilíbrio e a coexistência de reagentes e produtos. Essa atitude permitiu que os alunos recapitulassem suas proposições/modelos iniciais, analisando suas limitações ou contradições, e, assim, reformulassem ou substituíssem seus modelos.

Além disso, os momentos de mediação foram fundamentais, pois nos permitiram, não só discutir as ideias prévias dos alunos, mas, também, observar como manipulam os conceitos e as entidades químicas – suas construções psicológicas em formação.

A valorização das ideias prévias dos alunos, bem como os processos de teste das concepções apresentadas, além das discussões, formulações e reformulações dos modelos, possibilitou aos alunos se sentirem parte integrante e ativa do processo ensino-aprendizagem,

além de contribuir para o seu entendimento de como se constrói o conhecimento científico, conforme ilustrado pelas respostas dos alunos à Questão 5 da avaliação.

**C:** *Podemos perceber que quando observamos e formulamos, nós mesmos, os modelos, mesmo se estiverem errados, a gente entende depois, porque está errado, e a compreensão fica melhor.*

**D:** *Foi uma experiência fantástica. Aprendi que é através do levantamento das hipóteses, dos erros e acertos, que chegamos aos modelos químicos corretos.*

**E:** *Mostrou (referindo-se a proposta de ensino) mais claramente como são levantadas as hipóteses. Também os debates fazem com que a gente tenha uma compreensão maior do experimento.*

**F:** *Quando formulamos um modelo e discutimos com outros grupos, vimos que há várias formas de interpretar um experimento. Podemos também completar um modelo com a opinião dos colegas, isso foi muito interessante.*

Em nosso papel investigativo, também nos foi possível refletir sobre a prática durante a prática. Observamos o quanto é fundamental ficar atento às questões mais relevantes levantadas pelos alunos, para retomá-las no momento oportuno, assim como também dar oportunidade para os alunos demonstrarem “como eles imaginam que os fenômenos se processam”. Assim, podemos agir de forma mais efetiva, questionando, direcionando, desconstruindo e reconstruindo concepções, produzindo novos saberes.

Foi possível observar uma evolução significativa nos modelos apresentados pelos alunos e o quanto eles valorizaram a sua participação no processo investigativo. Apesar de identificar algumas concepções errôneas que ainda permaneciam, e o nosso tempo limitado, pois já estávamos nas últimas semanas de aula, o que impossibilitou a retomada das discussões, tive a oportunidade de discutir a avaliação com os alunos e eles manifestaram que a maior dificuldade enfrentada foi justamente elaborar os desenhos. Atribuímos essa limitação apresentada pelos alunos à ausência de atividades que privilegiem o uso de modelos e atividades de modelagem, no ensino formal.

Em relação à compreensão dos alunos acerca do equilíbrio químico e seus conceitos associados, em termos qualitativos, pudemos observar que a estratégia de ensino possibilitou

uma aprendizagem mais ampla, promovendo a superação das principais lacunas conceituais apresentadas pelos alunos, perpassando por todas as características inerentes a um sistema em equilíbrio químico (coexistência de reagentes e produtos, reversibilidade das reações, igualdade na rapidez das reações direta e inversa, concentrações constantes no equilíbrio).

De acordo com as respostas apresentadas pelos alunos na avaliação, observamos que a maioria demonstrou clareza no entendimento não só dos fatores determinantes do equilíbrio, mas, também, do seu deslocamento. Ainda persistiram, em alguns, a concepção da reação se processando em um único sentido, contrastando com a ideia da coexistência das espécies reagente/produto. Porém, a maior dificuldade residiu na elaboração do modelo concreto para a explicação dos fenômenos. Após vários momentos de reflexão sobre os fenômenos investigados, os alunos apresentaram suas propostas alicerçadas em um modelo cinético para as espécies envolvidas e explicações complementares que permitiram a compreensão de como e por que ocorre o equilíbrio químico.

Nesse sentido, acreditamos que os professores devem, em sua prática diária, elaborar estratégias utilizando processos de modelagem e oportunizar momentos para reflexão não só do conteúdo a ser desenvolvido, mas, também, de como se constrói o conhecimento científico, promovendo um ensino mais analítico, dialógico e abrangente.

Observando a abrangência da estratégia por nós desenvolvida e a promoção significativa da aprendizagem, reutilizei-a, com as devidas adaptações, para o ensino do conteúdo Ligações Químicas. Trabalhando com outra realidade, turmas do primeiro ano da EJA – Educação de Jovens e Adultos –, nessa perspectiva, observei, igualmente, o desenvolvimento da aprendizagem dos alunos. Uma experiência gratificante, por promover a compreensão de conceitos de forma mais efetiva, além de despertar a curiosidade, estimular a criatividade, permitir a integração de ideias, concepções e conceitos, evidenciando a compreensão de aspectos relevantes relacionados às ligações químicas.

Assim, acreditamos que a estratégia por nós desenvolvida é capaz de auxiliar o ensino de outros conceitos químicos de forma similar, com as devidas adaptações em termos dos experimentos utilizados, promovendo uma aprendizagem libertadora e emancipatória.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAUMAN, R. P. **Introdução ao Equilíbrio Termodinâmico**. São Paulo: Edgar Blücher, 1972.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Fundamental (SEF). **Parâmetros Curriculares Nacionais: meio ambiente, saúde**. Brasília: MEC/SEF, 1999.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). **PCN+ Ensino médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/Semtec, 2002.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). **OCNEM: Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/Semtec, 2006.

FERREIRA, P. F. M. **Modelagens e suas contribuições para o ensino de ciências: Uma análise no estudo de equilíbrio químico**. 2006. 165p. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de Minas Gerais.

FERREIRA, P. F. M.; JUSTI, R. S. Modelagem e o “Fazer Ciência”. **Química Nova na Escola**, n. 28, p. 32- 36, 2008. Disponível em < <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc28/08-RSA-3506.pdf>. Acesso em 12 de junho de 2009.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Terra e Paz, 1996.

GILBERT, S. W. Model building and a definition of science. **Journal of Research in Science Teaching**, 28, 73-79, 1991.

GILBERT, J.K.; BOULTER, C.J.; ELMER, R. Positioning Models in Science Education and in Design and Technology Education. In: GILBERT, J. K.; BOULTER, C. J (Ed.). **Developing Models in Science Education**. London: Kluwer, p. 3-17, 2000.

JUSTI, R.; GILBERT, J. (2001). A Natureza de Modelos na Visão de Professores de Ciências. **Anais do III Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências**, Atibaia, SP, 7-10 de novembro.

JUSTI, R.; SOUSA, V. C. A.; FERREIRA, P. F. M. Analogias utilizadas no ensino dos modelos atômicos de Thomson e Bohr: uma análise crítica sobre o que os alunos pensam a partir delas. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 11, n. 1, p. 1-25, 2006.

MACHADO, A. H.; ARAGÃO, R. M. R. Como os estudantes concebem o estado de equilíbrio químico. **Química Nova na Escola**, n. 4, p.18-20, 1996.

MORTIMER, E. et alii. Construindo conhecimento científico em sala de aula. **Química Nova na Escola**, n. 9, p. 31-40, 1999.

NERSESSIAN, N.J. Model-based reasoning in conceptual change. In: MAGNANI, L.; NERSESSIAN, N. J.; THAGARD, P. (Ed.). **Model-based reasoning in scientific discovery**. New York: Kluwer/Plenum, 1999. p. 5-22.

OSAWA, C. C.; GONÇALVES, L. P. G. TITULAÇÃO POTENCIOMÉTRICA APLICADA NA DETERMINAÇÃO DE ÁCIDOS GRAXOS LIVRES DE ÓLEOS E GORDURAS COMESTÍVEIS. **Química Nova**, v. 29, n. 3, p. 593-599, 2006.

PEREIRA, O. **O que é teoria**. São Paulo: Brasiliense, 1982.

QUÍLEZ, J. P. et alii. (Coord.). **Una propuesta curricular para el equilibrio químico fundamentada en el estudio del principio de Le Chatelier**.1996. Disponível em: <http://www.doredin.mec.es/documentos/08980043-IND.pdf>>. Acesso em: 12 novembro 2009.

SOUZA, K. A. F. D.; CARDOSO, A. A. Aspectos macro e microscópicos do conceito de equilíbrio químico e de sua abordagem em sala de aula. **Química Nova na Escola**, n. 27,p. 51-56, 2008.

TRIPP, D. Pesquisa-Ação: uma introdução metodológica. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 443-466, set./dez. 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ep/v31n3/a09v31n3.pdf>>. Acesso em: 12 agosto 2009.

UEHARA, F. M. G. **Refletindo dificuldades de aprendizagem de alunos do ensino médio no estudo do equilíbrio químico**. 2005. 101 f. Dissertação apresentada à Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - CCET - CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA- UFRN

## Apêndice A – Atividade 1

### Conhecendo o que vocês pensam..

Com o objetivo de melhor entender o que vocês pensam a respeito de determinados fenômenos presentes no dia-a-dia de todos nós, peço-lhes que, em grupo, respondam ao que é solicitado a seguir. Caso não haja consenso, não há qualquer problema em apresentar as diferentes ideias do grupo, mesmo que divergentes. Isso significa que não espero que o grupo tenha uma só opinião. Pode até ser o caso de cada um não abrir mão da sua... O importante, no entanto, é que vocês tentem, ao máximo, chegar a um consenso, argumentando em defesa das próprias explicações para o que é solicitado. Obrigada por colaborarem com o meu trabalho, que, espero, ajude-os a entender melhor os conhecimentos químicos relacionados. Bom trabalho!

**Professora Ana Paula**

1) Com base em seus conhecimentos químicos, ou seja, naquilo que vocês pensam que seja o que melhor explica quimicamente os fenômenos observados, descrevam, por escrito, e por meio de desenhos, cada etapa do que aconteceu nos experimentos realizados em sala, propondo explicações para cada uma dessas etapas.

- **Experimento 1** – Lente fotocromática;
- **Experimento 2** – Galinho do tempo;
- **Experimento 3** – Reação água + fenolftaleína (indicador) + vinagre.

2) Caso vocês pudessem utilizar recursos computacionais, haveria alguma alteração em seus desenhos? Expliquem seu posicionamento.

---

**RESPOSTAS**  
**(utilizem quantas folhas desejarem)**



## Apêndice B – Atividade 2

### Conhecendo o que vocês pensam..., agora em NÍVEL SUBMICROSCÓPICO

Agora que vocês já tiveram a oportunidade de expor o que observaram nos três experimentos que fizemos na última aula, o que fizeram muito bem, precisamos avançar um pouco mais. Trata-se de propor modelos explicativos. Na semana passada, vocês explicaram o que observaram, macroscopicamente, mas, agora, é preciso tentar explicar o que não é possível ver, só imaginar. Nesse sentido, por favor, respondam ao que é pedido a seguir. Mais uma vez, obrigada. Bom trabalho!

**Professora Ana Paula**

1) Com base em seus conhecimentos químicos, ou seja, naquilo que vocês pensam que seja o que melhor justifica quimicamente um dos fenômenos observados, tentem explicar, por meio de desenhos (podendo complementar, por escrito, se desejarem), o que aconteceu, em nível submicroscópico. Suponham, portanto, que fosse possível visualizar as espécies envolvidas, desenhando as etapas do fenômeno observado.

- **Grupos A, B e C** – Fenômeno 1 – Lente fotocromática
- **Grupos D, E e F** – Fenômeno 2 – Galinho do tempo
- **Grupos G, H e I** – Fenômeno 3 – Reação água + fenolftaleína + vinagre ou amoníaco (solução de amônia)

---

**Modelo Explicativo Proposto  
(utilizem quantas folhas desejarem)**

## Apêndice C – Atividade 3

### Verificando o que você aprendeu...

Agora que você já teve a oportunidade de expor suas ideias e discuti-las com os colegas, preciso saber o que você aprendeu, tendo como referência os conceitos de Química associados, conforme discutido em sala de aula e estudado por você. Bom trabalho e, mais uma vez, obrigada por sua participação nesse esforço de aprendizado!

**Professora Ana Paula**

1) Proponha um modelo, por meio de desenhos e explicações escritas, que ilustre o sistema representado abaixo:



\*\*\*\*\*

2) Considerando que esses dois gases, acima representados, apresentam colorações distintas e sua formação sofre interferência da temperatura, de tal modo que

quando um balão contendo o sistema  $\text{N}_2\text{O}_4 (\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2 (\text{g})$  é imerso em água gelada, a sua cor torna-se mais clara, indicando a formação do gás incolor  $\text{N}_2\text{O}_4 (\text{g})$ ; e

quando um balão contendo o sistema  $\text{N}_2\text{O}_4 (\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2 (\text{g})$  é imerso em água quente, a sua cor escurece, indicando a formação de  $\text{NO}_2 (\text{g})$ ,

o que ocorreria com esse sistema, em termos do equilíbrio, em relação às substâncias, se esse sistema fosse aquecido? Proponha um modelo representacional para o sistema antes do aquecimento e depois de ser aquecido, pensando sempre em nível submicroscópico.

\*\*\*\*\*

3) Ainda em relação ao sistema  $\text{N}_2\text{O}_4 (\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2 (\text{g})$ , quando o balão torna-se claro, por ser imerso em água gelada, é correto concluir que todo o  $\text{NO}_2$  foi consumido e que a reação para de ocorrer? Justifique.

\*\*\*\*\*

4) É possível relacionar o modelo proposto para esse sistema com os modelos propostos para os sistemas anteriores – experimento da lente fotocromática, do galinho do tempo e da reação ácido/base? Em caso afirmativo, aponte as semelhanças ou, em caso negativo, apresente as diferenças que possa ter observado.

\*\*\*\*\*

5) Você acredita ter aprendido um pouco mais sobre os conceitos relativos ao equilíbrio químico por meio das atividades propostas? Justifique sua resposta.

\*\*\*\*\*

6) As atividades desenvolvidas por você em termos de modelagem (observação, proposição de hipóteses, formulação e reformulação de modelos) contribuiu para a sua compreensão de como os modelos são construídos e qual o seu papel na Ciência? Justifique.

\*\*\*\*\*

**Respostas**