



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

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

Ana Paula Pinto Viana

Brasília – DF

Setembro
2010



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

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

Ana Paula Pinto Viana

Dissertação 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

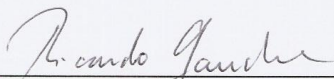
FOLHA DE APROVAÇÃO

ANA PAULA PINTO VIANA

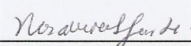
**“ESTRATÉGIAS DE ENSINO-APRENDIZAGEM DE CONCEITOS
RELACIONADOS AO TEMA EQUILÍBRIO QUÍMICO UTILIZANDO
MODELAGEM E MODELOS”**

Dissertação 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.

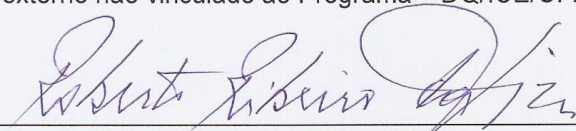
Aprovada em 24 de setembro de 2010.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ricardo Gauche
(Presidente)



Prof.^a Dr.^a Rosária da Silva Justi
(Membro externo não vinculado ao Programa – DQ/ICE/UFMG)



Prof. Dr. Roberto Ribeiro da Silva
(Membro interno vinculado ao Programa – IQ/UnB)

Dedico este trabalho, e tudo o que ele representa para mim, a quem mais vibrou e torceu por mim ao longo de sua vida, meu amado e saudoso Pai e aos meus grandes incentivadores e companheiros Samuel, meu amado esposo; Edma, minha querida mãe; Davi, meu adorado filho, e Ricardo Gauche, meu dedicado orientador.

"O valor das coisas não está no tempo em que elas duram, mas na intensidade com que acontecem. Por isso existem momentos inesquecíveis, coisas inexplicáveis e pessoas incomparáveis."

Fernando Pessoa

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente a Deus pelo dom da vida e pela coragem de lutar para que ela seja cada dia melhor!

Ao meu grande companheiro Samuel, pelo estímulo, carinho, compreensão e amor incondicional. Obrigada por fazer parte de mais esta grande conquista.

Ao meu pai, por tudo que representou e representa em minha vida. Saudades, eternas saudades. Obrigada pelo amor, dedicação e confiança.

À minha amada mãezinha, grande companheira, pelo incentivo, apoio, amor e dedicação. Obrigada por sempre acreditar na minha capacidade.

Ao meu dedicado e prestativo orientador Ricardo Gauche. Obrigada por tantos ensinamentos, pela paciência, apoio e incentivo. Um grande Mestre! Que sua trajetória seja sempre iluminada e você continue levando o seu exemplo de humildade, bom humor, disciplina e fé a todos que encontrar.

Aos professores do PPGEC, e de modo especial ao Professor Roberto Ribeiro da Silva, pela acolhida e pelas discussões tão valiosas e engrandecedoras.

À professora Rosária Justi, por estar presente em mais um importante momento de minha vida. Obrigada pelos ensinamentos de ontem e de hoje, além do carinho e das grandes contribuições para esse trabalho.

Aos meus alunos, que tão prontamente participaram comigo da concretização de mais esse sonho. De modo especial, àqueles que estiveram presentes até o final, Luana, Nathália, Thaís, Pedro, Emanuela, Jayane, Lorena e Camila.

À minha grande amiga Kelli, por compartilhar tantos momentos importantes ao longo dessa trajetória, ouvindo, trocando ideias, incentivando e aconselhando.

Aos meus colegas de trabalho e do mestrado, que me apoiaram e torceram por mim.

Aos diretores do Colégio Cenecista Nossa Senhora do Carmo, por confiarem em mim e permitirem a realização da pesquisa.

Aos meus amigos e familiares, que me acompanharam, torceram e se alegraram comigo.

Ao meu mais novo amor, Davi, meu filhinho querido, que mesmo tão pequeno me ensinou que tudo tem seu tempo e uma das grandes virtudes do ser humano é saber esperar.

RESUMO

A pesquisa desenvolvida teve 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, contribuindo para formar cidadãos capacitados para enfrentar um mundo tecnificado, informatizado e competitivo, oferecendo ferramentas para melhor compreendê-lo ou interpretá-lo. Nessa perspectiva, procuramos levantar e discutir as concepções mais relevantes apresentadas por alguns alunos do 3.º Ano do Ensino Médio acerca dos conceitos envolvidos no tema Equilíbrio Químico, buscando analisar os principais obstáculos envolvidos nesse tema e, a partir das concepções identificadas, desenvolver uma proposta de estratégias de ensino-aprendizagem dos respectivos conceitos, por meio do uso de modelos e modelagem. Modelos e processos de elaboração de modelos estão no centro de qualquer teoria e são fundamentais para a construção do conhecimento científico. Assim, a escolha por uma abordagem que utilize modelos e processos de modelagem propicia a aprendizagem de conceitos de forma analítica, participativa e articulada, rompendo com os moldes da corrente positivista ainda presente em muitas salas de aula. O estudo foi desenvolvido como uma pesquisa-ação com um grupo de alunos do 3.º Ano do Ensino Médio em uma escola cenicista de uma cidade do Noroeste de Minas Gerais. A coleta dos dados deu-se por meio dos materiais escritos produzidos pelos alunos, bem como de gravações de áudio de todas as aulas, contemplando as discussões das propostas expostas pelos alunos nos grupos, entre os pares e com a professora, e as apresentadas à turma. Foram discutidas todas as propostas apresentadas pelos grupos e, a partir de processos de reflexão mediados, foi elaborado um modelo consensual abrangendo os principais fatores determinantes do equilíbrio químico. A análise dos dados permitiu discutir a contribuição de cada um dos elementos da estratégia proposta, evidenciando a importância da discussão das ideias prévias dos alunos e como concebem as entidades submicroscópicas e suas transformações. Os resultados dessa pesquisa mostram que a estratégia proposta propicia uma aprendizagem mais ampla e emancipatória, suportando adaptações para o ensino de outros conceitos químicos

de forma similar. Como nenhuma pesquisa em Educação se esgota por completo, sugerimos a utilização dessa estratégia fundamentada em modelos e modelagem na busca da compreensão de como alunos e professores concebem o 'como' e o 'porquê' de outros fenômenos, tais como: ligações químicas, interações intermoleculares e suas implicações, cinética química, entre outros.

Palavras-chave: Modelos. Modelagem. Equilíbrio Químico. Mediação.

ABSTRACT

This research aims at providing elements to help the work of teachers or those who are somehow interested in making the teaching-learning process occurs in an analytical, comprehensive, integrated and integrative way, helping to form citizens capable of facing a technological, electronic and competitive world, offering tools to better understand or interpret it. From this perspective, we raise and discuss the most relevant concepts presented by some students of a third grade high school about the concepts involved in the topic Chemical Equilibrium, trying to analyze the main obstacles involved in this subject. By using the concepts identified, we propose a strategy for the teaching and learning of their concepts, through the use of models and modeling. Models and modeling are central to any theory and are fundamental to the construction of scientific knowledge. The choice for an approach that uses models and modeling favors the learning of concepts in an analytical, participatory and articulate way, breaking the mold of current positivist still present in many classrooms. The study was developed as an action research with a group of third grade high school students in a Cenecista school from a town in the Northwest of Minas Gerais. Data collection took place by means of written materials produced by students, as well as audio recordings of all classes comprising the discussions of the proposals set out by the students in groups, among peers and with the teacher, and presented to class. We discussed all the proposals submitted by the groups and from mediated processes of reflection, we designed a consensus model encompassing the main factors determining the chemical balance. Data analysis allowed to discuss the contribution of each of the elements of the proposed strategy, highlighting the importance of discussing students' previous ideas and how they conceive the submicroscopic entities and their transformations. The results show that the proposed strategy provides a broader and emancipatory learning, supporting adaptations for teaching other concepts in chemistry. As no research on education is complete, we suggest using this strategy based on models and modeling in searching for understanding how students and teachers perceive 'how' and 'why' other phenomena, such as chemical bonding, intermolecular interactions and its implications, chemical kinetics, among others, occur.

Keywords: Models. Modeling. Chemical Equilibrium. Mediation.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	12
AS ORIGENS DAS INQUIETAÇÕES	16
O Cenário Educacional Brasileiro – Reflexos da Prática Docente	
A importância do “Pensar Certo” – a construção do conhecimento	
A importância do conhecimento e do uso adequado de modelos no ensino de Ciências	
A importância de se analisarem as concepções de professores e alunos sobre Equilíbrio Químico	
A Teoria Construtivista e o Uso de Modelos no Ensino de Ciências	
DELINEAMENTO METODOLÓGICO	37
O Processo da Pesquisa	
O contexto da investigação	
A coleta de dados	
O desenvolvimento da pesquisa	
Descrição das aulas desenvolvidas, na construção da proposta	
CONSTRUÇÃO DA PROPOSTA	56
Descrição e Análise do Vivenciado	
CONSIDERAÇÕES FINAIS	101
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105
APÊNDICES	113
Apêndice A – Atividade 1	
Apêndice B – Atividade 2	
Apêndice C – Atividade 3	
Apêndice D – Texto de Apoio a Professores – Proposição	

INTRODUÇÃO

Analisando o contexto educacional nos últimos tempos, observamos que uma das grandes preocupações apresentadas por pesquisadores da educação científica é a de incluir estratégias no processo ensino-aprendizagem que favoreçam o entendimento de como se constrói e se desenvolve o conhecimento científico. Nessa perspectiva, o ensino que privilegia o uso de modelos e o envolvimento dos alunos em processos de modelagem vem se destacando por proporcionar uma abordagem mais abrangente, dialógica e analítica para o ensino (FERREIRA, 2006).

No presente trabalho, procuramos levantar e discutir as concepções mais relevantes apresentadas por alguns alunos do 3.º Ano do Ensino Médio acerca de conceitos envolvidos no tema Equilíbrio Químico, buscando analisar os principais obstáculos envolvidos nesse tema e, a partir das concepções identificadas, desenvolver uma proposta de estratégias de ensino-aprendizagem dos respectivos conceitos, por meio do uso de modelos e modelagem.

A escolha por trabalhar com o Equilíbrio Químico deveu-se ao fato de este ser um conteúdo que apresenta conceitos complexos (FABIÃO; DUARTE, 2005), 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). Tal perspectiva coaduna-se com uma das propostas para o ensino de Química pelos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) (BRASIL, 2002), reafirmada pelas Orientações Curriculares Nacionais (OCNEM) (BRASIL, 2006), a de que sejam ofertados ao aluno elementos

para a 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 interações com as aplicações tecnológicas bem como suas implicações ambientais, sociais, políticas e econômicas.

De acordo com Carrascosa, Furió e Valdés (1996¹, apud MONCALEANO et alii, 2003), inicialmente, 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 predizer situações semelhantes e, em casos especiais, para orientar o desempenho na prática. Dentro dessa perspectiva, Matos, Carmona e Pérez (2008) acreditam que é necessário evitar a introdução de conceitos de forma arbitrária na educação científica. No entanto, devem-se criar situações-problema que promovam a necessidade da discussão e introdução de tais conceitos. Ainda segundo os autores, na história da Ciência, existem vários exemplos nos quais se definem os conceitos, inicialmente de forma qualitativa e aproximada, e, posteriormente, com o surgimento de novas perguntas e necessidades, eles são aprofundados até a obtenção de definições mais precisas.

Com o conceito de equilíbrio químico não foi diferente. Ele evoluiu historicamente do modelo newtoniano centrado nas forças, passando posteriormente ao modelo baseado na rapidez das reações, até chegar ao modelo atual, centrado na energia, incorporando a termodinâmica ao estudo das reações químicas (van DRIEL; GRABER, 2003).

¹ CARRASCOSA, A.; FURIÓ, C.; VALDÉS, P. Las concepciones alternativas de los estudiantes y sus implicaciones didácticas. In: **Temas escogidos de la Didáctica de la Física**. La Habana: Pueblo y Educación, 1996. p. 21-36. Apud Moncaleano et alii (2003).

Diante de tantos conceitos complexos e que muitas vezes não fazem muito sentido para os alunos do ensino médio, não parece difícil entender porque o estudo do equilíbrio químico se mostra tão tortuoso para alunos e professores de Química. Assim, nossa proposta busca investigar o que mais dificulta a aprendizagem desse tópico e como uma abordagem por meio de modelos e processos de modelagem, incentivando a participação direta dos alunos na construção do conhecimento científico, 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.

Buscamos desenvolver o trabalho expondo inicialmente os motivos que levaram à escolha do tema, apresentando problemas conceituais relacionados ao Equilíbrio Químico, os objetivos gerais do trabalho, a pergunta e a proposição a ser construída no âmbito de sala de aula. Na sequência, apresentamos a revisão bibliográfica acerca do contexto atual de formação de professores, modelos e modelagem, seu uso, aplicação, sua importância e suas relações com o Equilíbrio Químico, bem como os referenciais teóricos e os objetivos específicos. Em seguida, expomos o contexto, os sujeitos da pesquisa, como foi sua escolha, a metodologia utilizada e os instrumentos facilitadores. Apresentamos, também, uma síntese explicativa da construção da Proposta de Ensino, no intuito de contribuir para a melhoria ou pelo menos chamar a atenção para a forma de abordagem utilizada e suas contribuições, prosseguindo com a análise dos resultados, discutindo as questões mais pertinentes à pesquisa.

Como trabalhos na área de Educação nunca se esgotam por completo, apresentamos, nas Considerações Finais, os principais pontos relevantes do trabalho e suas limitações, bem como sugestões para novos trabalhos. A proposição

elaborada na forma de Texto de Apoio a Professores é apresentada como um dos apêndices.

AS ORIGENS DAS INQUIETAÇÕES

A pesquisa desenvolvida teve 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, contribuindo para formar cidadãos capacitados para enfrentar um mundo tecnificado, informatizado e competitivo, oferecendo ferramentas para melhor compreendê-lo ou interpretá-lo.

As 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. Pude² 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 me graduei. Mas

² Neste trabalho, utilizarei a primeira pessoa do singular quando me referir, especificamente, a considerações e experiências particulares. A primeira pessoa do plural será utilizada em referência a processos coletivamente desenvolvidos, sejam os resultantes da orientação, sejam os vivenciados com os alunos, sujeitos da pesquisa.

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, diálogo muito comum entre alunos e professores.

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 na 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” (FREIRE, 1996)³. Também utilizamos artigos e dissertações de 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).

Segundo as OCNEM, especificamente as voltadas para o ensino de Ciências Naturais, Matemática e suas Tecnologias (BRASIL, 2006), a escola se constitui como um espaço de integração dos alunos do Ensino Médio com o mundo atual, possibilitando sua interpretação.

[...] as ciências que compõem a área têm em comum a investigação sobre a natureza e o desenvolvimento tecnológico, e que é com elas

³ 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.

que a escola, compartilhando e articulando linguagens e modelos que compõem cada cultura científica, estabelece mediações capazes de produzir o conhecimento escolar, na inter-relação dinâmica de conceitos cotidianos e científicos diversificados [...]. (BRASIL, 2006, p. 103).

Isso implica a conexão entre os conhecimentos científicos e as aplicações tecnológicas que transcendem cada área específica, ultrapassando a familiarização com o manuseio de materiais, nomenclatura, fórmulas e cálculos algébricos, como no caso do componente curricular de Química (UEHARA, 2005).

Dessa forma, entendemos que os conteúdos conceituais relacionados à Teoria das Colisões, diretamente relacionada à Cinética das Reações Químicas e ao Equilíbrio Químico, são consideravelmente relevantes para compreender, interpretar e prever os fenômenos químicos e suas implicações.

A presente proposta de pesquisa reforça uma ideia, já discutida em outros trabalhos, sobre a importância de se conhecerem os principais erros ou concepções apresentadas pelos alunos de nível médio e superior sobre o conteúdo Equilíbrio Químico e suas interpretações (FURIÓ; ORTIZ, 1983; QUÍLEZ; SANJOSÉ, 1995; MACHADO; ARAGÃO, 1996; UEHARA, 2005; FERREIRA; JUSTI, 2008; SOUZA; CARDOSO, 2008), e busca, por meio de uma abordagem com modelos e processos de modelagem, propor uma estratégia de ensino que leve o aprendiz à superação de tais erros ou concepções.

Pela análise dos trabalhos acima citados, verificamos que muitas dessas concepções apresentadas refletem erros conceituais que se constituem em obstáculos, dificultando a construção de modelos teórico-explicativos e as conexões entre eles e outros temas de igual importância como, por exemplo, a Teoria das Colisões e a Cinética Química.

Diante desse cenário, surge a pergunta que norteia o presente trabalho: como contribuir com professores de Química, para que estes, por meio do uso de modelos e das concepções a eles associadas, possam promover a superação de lacunas identificadas nos alunos e por vezes apresentadas por eles mesmos, no ensino de conceitos, com foco no ensino de Equilíbrio Químico?

O presente trabalho traz as principais concepções apresentadas por um grupo de alunos do 3.º Ano do Ensino Médio em relação aos conceitos envolvidos no Equilíbrio Químico, fazendo algumas reflexões pertinentes sobre os obstáculos que de alguma maneira justifiquem a formação dos erros conceituais, buscando propor melhorias para a construção do conhecimento dos alunos sobre esses conceitos e sobre outros a ele associados, utilizando processos de modelagem e modelos. A escolha por tal estratégia deveu-se ao fato de nos preocuparmos com a participação efetiva do aluno no processo, além da preocupação com o desenvolvimento de sua autonomia para questionar, criticar e interpretar os fenômenos da Ciência.

O Cenário Educacional Brasileiro – Reflexos da Prática Docente

A busca por ferramentas que possibilitem a melhoria do processo ensino-aprendizagem é uma constante para todos os indivíduos nele envolvidos direta ou indiretamente. Dentro de uma perspectiva construtivista de ensino, destaca-se o papel do professor como investigador que, inserido em uma atividade permanente de ação-reflexão-ação, seja capaz de analisar sua própria prática, explicitando, desconstruindo e reconstruindo concepções, de forma a produzir novos saberes pedagógicos (SCHNETZLER, 2002) e como mediador, intervindo, questionando as respostas do aluno, para observar como a interferência de outro sujeito atinge o desenvolvimento do aprendiz. Também nesse papel, ao professor é possível

observar os processos psicológicos em transformação e não apenas os resultados do desempenho destes (SOUZA, 2007).

O cenário educacional brasileiro do ensino superior, ao contrário do descrito acima, constituiu-se de maneira distinta. Nele, os currículos de licenciatura foram estruturados como simples apêndices aos currículos de bacharelado (CANDAU, 1987), haja vista as disciplinas psicopedagógicas serem apresentadas como complementação ao final do curso, dispondo-se de forma desarticulada com as disciplinas ditas de conteúdo específico. Paralelamente, verifica-se que essa questão vem permeada por avanços e problemas que remetem a estudos e pesquisas, gerando vários debates voltados à política curricular, formação de professores, gestão democrática da escola, papel do livro didático, entre tantas outras (GAUCHE et alii, 2008).

Ao analisar a formação de professores, especificamente na área das Ciências da Natureza, esse quadro, ao que parece, não sofre nenhuma alteração. Em revisão bibliográfica, Lederman (1992) aponta que, na maioria dos estudos focados no entendimento dos professores sobre a natureza da Ciência, esse é geralmente insatisfatório e sua relação com a prática em sala de aula é bastante complexa.

Constata-se que no processo ensino-aprendizagem em Ciências, particularmente em Química, há uma grande dificuldade na assimilação de alguns conceitos e sua transposição para a resolução de problemas, dado o relativo grau de abstração dos conteúdos, o que a torna uma disciplina difícil, diálogo comum entre estudantes e professores (GABEL, 2000).

Analisando vários trabalhos⁴ que discutem a formação de professores, como estes concebem as entidades submicroscópicas e a importância da discussão de fenômenos em sua prática, observamos que parece haver um desligamento entre a prática pedagógica e a formulação e aplicação de modelos explicativos para tais fenômenos, refletindo a incoerência dos cursos e currículos de formação inicial e continuada na área de Ciências.

Paralelamente, observamos que, nos processos de formação inicial e continuada dos professores, ainda existe uma predominância do modelo pedagógico positivista, o qual não abre muito espaço para indagações e inferências por parte dos estudantes. Nesse contexto, temas restritos e predeterminados constituem-se fáceis ferramentas a serem trabalhadas, pois limitam a participação e até mesmo a curiosidade dos educandos. Assim, analisando esse fato real, Souza (2007) apresenta-nos uma outra reflexão, ainda mais preocupante, e que, muitas vezes, escapa das intenções dos professores: o uso da “atitude positivista” como método de controle e modelagem social. Ressaltando a posição da autora, Maldaner (2000, p. 69) aponta que essa atitude “faz com que as pessoas aceitem as explicações, não só no campo das ciências da natureza, mas também no campo político, econômico, social, educacional, e outros, como únicas e verdadeiras”.

Entendemos que as contribuições epistemológicas construídas ao longo do século XX assumem caráter essencial para mudança desse quadro, dado que vem dar novas dimensões ao contexto educacional, diferente da aceitação do conhecimento científico como verdade absoluta. Observa-se que o entendimento do

⁴ Yarroch (1985); Gabel; Samuel (1987); Lythcott (1990); Nakhleh (1993); Smith; Metz (1996); Sanger (2000); Vásquez *et alii* (2001); Souza; Cardoso (2006); Souza; Cardoso (2008).

processo assume um caráter fundamental, em que são apontadas as possibilidades, discutidos os caminhos e não os resultados sem nenhuma reflexão (SOUZA, 2007).

A corrente da epistemologia histórica de Gaston Bachelard representou a “inauguração do não-positivismo” (LOPES, 1996), ao defender a impossibilidade de existência de uma verdade única e suprema em relação aos fenômenos observados.

Para Bachelard, o conhecimento empírico, associado ao que é observado e ao senso comum, muitas vezes, constitui-se uma fonte de erros, sendo o conhecimento científico estruturado pela transposição desses erros, por meio de um constante processo de ruptura com o que se pensava entendido (LOPES, 1996).

Por outro lado, Paulo Freire (1996), com quem comungamos a opinião, afirma que não existe uma ruptura e sim uma superação, à medida que a curiosidade ingênua criticiza-se, obedecendo a uma rigorosidade metódica.

Dessa maneira, a Ciência não captura o real, ela indica a direção e a organização intelectual segundo as quais nos asseguramos que nos aproximamos do real (SOUZA, 2007), ou seja, a Ciência cria modelos para interpretar os fenômenos reais. Vale lembrar que a interpretação do real aparente, o que é percebido, está muito associada ao senso comum e constitui-se uma fonte de concepções errôneas quando não há relações dialógicas e interpretativas sobre o assunto.

Nesse sentido, vale ao professor usar mecanismos que aproximem os seus educando, cada vez mais, do objeto cognoscível (FREIRE, 1996).

Em uma visão socioconstrutivista da Educação, em que o professor assume o papel de mediador do conhecimento, muito se reconhece o valor do uso e aplicação de modelos como ferramenta de ensino. Devemos nos atentar, entretanto, para a visão apresentada pelos professores e como estes abordam esse tipo de ensino.

Isso porque a grande maioria dos professores demonstra ter algum conhecimento e saber da importância do uso de modelos no ensino de Ciências. Porém, o seu exercício em sala de aula ainda é pouco expressivo, por apresentarem dificuldades ou mesmo resistência na incorporação dessas novas práticas – o que significaria uma ruptura com o “antigo” modo de ensino (VIANA, 2001; JUSTI; GILBERT, 2003).

Além disso, uma abordagem construtivista defende o favorecimento de oportunidades aos estudantes para desenvolverem seus próprios modelos e terem conhecimento suficiente para criticá-los. Uma visão mal interpretada dessa metodologia de ensino poderia confundir ou retardar o processo de formação do conhecimento (VIANA, 2001).

Nesse contexto, entendemos que uma maneira de diminuir esse problema seria a introdução de disciplinas ou uma nova roupagem para a condução das já existentes, durante a formação profissional dos professores, que abordassem de diferentes maneiras o uso de modelos e processos de modelagem e os auxiliasse no desenvolvimento de um conhecimento de conteúdos pedagógicos baseado em modelos teórico-explicativos, fornecendo-lhes assim suporte e embasamento para uma prática mais segura e efetiva.

Por outro lado, devemos considerar que muitos dos problemas do processo ensino-aprendizagem não adquirem sentido até que o professor os tenha enfrentado em sua própria prática. Acreditamos que o estabelecimento de uma estrutura de formação continuada surge como uma ferramenta auxiliar na tentativa de minimizar os problemas apontados.

De acordo com Caldeira (1993), deve-se atentar que, assim como a formação de professores não se esgota no curso de licenciatura e deve ser pensada como um processo como tal, também não se esgota em um curso de atualização, mesmo que

essa ocorra em locais de privilegiadas reflexões pedagógicas – a escola em que o professor trabalha (CUNHA; KRASILCHIK, 1999).

Frequentemente, concretizam-se propostas para formação continuada por meio de cursos, conferências, seminários, e de outras situações em que, via de regra, os docentes desempenham o papel de ouvintes, desconsiderando-se que eles têm muito a contribuir e não só a aprender. Sendo assim, faz-se necessário que a formação do professor em serviço se construa no cotidiano escolar de forma contínua e progressiva (CUNHA; KRASILCHIK, 1999).

Diante desse cenário, é de grande importância para o processo ensino-aprendizagem que se investigue como os professores concebem os conceitos científicos e sua natureza, quais os recursos didáticos utilizam em sua prática em sala de aula para atingir seus objetivos e qual o papel e o espaço dos alunos nesse processo.

A Importância do “Pensar Certo” – a construção do conhecimento

Segundo Moreira (1996), as pessoas constroem representações internas (ou mentais) do mundo, em uma tentativa constante de interiorizar o meio externo que lhes é apresentado, o que inclui as ideias, os modelos concretos e abstratos, as analogias, os conceitos científicos, entre outros. Tais representações são fortemente influenciadas pelos conhecimentos do indivíduo, em função de sua subjetividade.

De acordo com Mortimer et alii (1999), a aprendizagem acontece quando os esquemas gerais de raciocínio são modificados por processos de reequilíbrio, em que o aprendiz é capaz de interpretar os fenômenos apresentados por si só e os estudos em grupo contribuem como forma de estimulação. Esses autores firmam

que uma perspectiva socioconstrutivista reconhece que a aprendizagem é a introdução ao mundo simbólico.

Assim, segundo os autores, o conhecimento e o entendimento científico são construídos quando os indivíduos se engajam socialmente em conversações e atividades sobre problemas e tarefas comuns e sua construção não se dá de forma individual ou por meio de um método empirista-individualista. Esse processo, de construção do conhecimento, tem de ultrapassar a investigação empírica pessoal. Também, quem aprende não precisa apenas ter acesso às “experiências” físicas. Na aprendizagem de Ciências, os conceitos e modelos da Ciência convencional assumem uma função de grande importância.

Analisando o cenário educacional vigente, Zacharias (2007) alerta-nos para o verdadeiro papel da Escola, na condição de local privilegiado de construção do conhecimento, afirmando que sua função não é ensinar aquilo que o aluno pode aprender sozinho e sim valorizar o processo de aprendizagem do estudante, contribuindo para seu crescimento intelectual. Portanto, ainda segundo a autora, à Escola cabe fazer com que os conceitos espontâneos, informais e de senso comum que os estudantes constroem, por observação e convivência social, evoluam para o nível dos conceitos científicos, sistemáticos e formais, trabalhados pelo ensino. Dentro dessa perspectiva socioconstrutivista, todos os processos de construção do conhecimento dos alunos acerca do conhecimento científico consolidam-se por mediação exercida pelos docentes.

Mas, para que isso ocorra de forma efetiva, é preciso que, anteriormente, os docentes tenham atingido, em sua formação inicial ou continuada, o status do “pensar certo” (FREIRE, 1996), ou seja, consigam elaborar modelos teóricos que os auxiliem em sua prática pedagógica (MORTIMER et alii, 1999).

Tais modelos também são ressaltados nas reflexões apresentadas por Maldaner (2003, p. 102):

Os modelos teóricos da Química [...] são criações humanas, próprias da ciência química, cujo entendimento não pode ser buscado empiricamente pelo esforço pessoal dos indivíduos. O acesso a essas criações culturais é possível pela mediação didático-pedagógica que, de uma forma ou de outra, deverá ser proporcionada a todos os membros de uma sociedade que se propõe a ser democrática.

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).

Aprender Ciências não é simplesmente questão de ampliar o conhecimento sobre os estudos da Natureza, nem organizar o raciocínio de senso comum, é pensar de forma diferente sobre o mundo natural e de como explicá-lo, engajando-se em um processo individual de construção e atribuição de significados, tornando-se socializado nas práticas discursivas da comunidade científica (MORTIMER et alii, 1999).

Nessa perspectiva, a aprendizagem deve ser vista como um processo de enculturação e não de descoberta, visto que o estudo empírico do mundo natural não resultará em conhecimento científico, pois o conhecimento científico é, por natureza, discursivo (MORTIMER et alii, 1999).

Segundo as propostas dos PCN+ (BRASIL, 2002) para o ensino de Química, todos os conteúdos dessa disciplina devem ser abordados de forma a contemplar três domínios fundamentais, sendo eles:

representação e comunicação: “envolvendo a leitura e interpretação de códigos, nomenclaturas e textos próprios da

Química e da Ciência, a transposição entre diferentes formas de representação, a busca de informações, a produção e análise crítica de diferentes tipos de textos” (p. 88);

investigação e compreensão: que se refere ao “uso de ideias, conceitos, leis, modelos e procedimentos científicos associados a essa disciplina” (p. 88);

contextualização sociocultural: referente à “inserção do conhecimento disciplinar nos diferentes setores da sociedade, suas relações com os aspectos políticos, econômicos e sociais de cada época e com a tecnologia e cultura contemporâneas” (p. 88).

Sendo assim, podemos verificar que nenhum conteúdo da Química deve ser abordado sem a devida discussão, interpretação e compreensão de modelos. Especificamente no domínio investigação e compreensão, este documento nos apresenta que uma das habilidades para essa área do conhecimento seja “reconhecer, utilizar, interpretar e propor modelos para situações-problema, fenômenos ou sistemas naturais ou tecnológicos” (BRASIL, 2002, p. 91).

Para tanto, é necessário que no ambiente de sala de aula, sejam desenvolvidas estratégias que permitam ao educando

- Reconhecer modelos explicativos de diferentes épocas sobre a natureza dos materiais e suas transformações.
- Elaborar e utilizar modelos macroscópicos e microscópicos para interpretar transformações químicas.
- Reconhecer, nas limitações de um modelo explicativo, a necessidade de alterá-lo.
- Elaborar e utilizar modelos científicos que modifiquem as explicações do senso comum. (BRASIL, 2002, p. 91)

A importância do conhecimento e do uso adequado de modelos no ensino de Ciências

A observação de diversas situações confusas, recorrentes em salas de aula de Ciências, especificamente em Química, envolvendo desde entidades muito abstratas, átomos e moléculas e suas interações até explicações de entidades macroscópicas, que derivam das primeiras, faz-nos inferir que, além da relativa abstração dos conceitos apresentados na disciplina, uma das possíveis causas para esses problemas seria a existência de lacunas na formação inicial e continuada de professores de Química, relacionadas diretamente a modelos e concepções a eles associadas, que se refletem em erros conceituais no ensino por eles posteriormente ministrado.

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, teste, análise e reconstrução de modelos, por fornecer aos estudantes elementos essenciais para a elaboração de explicações

e para a interpretação de fenômenos 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).

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.

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 van DRIEL; GRABER (2003) 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 importância de se analisarem as concepções dos professores e alunos sobre Equilíbrio Químico

Dentre os tópicos componentes dos conteúdos programáticos de Química, há um razoável consenso de que o equilíbrio químico é um dos temas que oferecem maior dificuldade para o ensino e a aprendizagem (MASKILL; CACHAPUZ, 1989; BERGQUIST; HEIKKINEM, 1990). As razões são pertinentes, visto que o estudo do tema requer o domínio prévio de conceitos como ligações e reações químicas, estequiometria, formação de soluções, teoria das colisões, noções de cinética e termoquímica, entre outros igualmente importantes que descrevem o comportamento de entidades submicroscópicas.

Parece que não existe tópico na química introdutória universitária que apresente mais dificuldades para os estudantes do que o do equilíbrio químico. Depois de tentar durante mais de 30 anos dar respostas claras às suas perguntas, cheguei a obter grande simpatia deles, dando-me conta de que é inerentemente um tema difícil. (HILDEBRAND, 1946, p. 589).

A natureza abstrata dos conceitos relacionados ao equilíbrio químico é ressaltada por muitos autores que estudaram as dificuldades em sua aprendizagem. Johnstone, Macdonald e Webb (1977) observaram que os aspectos mais abstratos desse tema são: a natureza dinâmica que o envolve, a diferenciação entre situações em que ocorre o equilíbrio daquelas em que não ocorre, a manipulação mental do princípio de Le Chatelier e o tratamento com considerações sobre a energia.

No entanto, a variedade hierárquica de conceitos não é o único fator gerador de complexidade nesse assunto. Pesquisa realizada por Machado e Aragão (1996), considerando as concepções de estudantes sobre o equilíbrio químico, mostra a relevante influência das ideias de natureza macroscópica sensorial na percepção dos alunos, relacionando o equilíbrio químico de uma reação a fenômenos físicos

em que se constitui um 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.

Machado e Aragão (1996), assim como Quílez et alii (1996), atribuem as dificuldades no aprendizado e na resolução de problemas que envolvam o conceito de equilíbrio químico à falta de reflexão qualitativa prévia, fato que conduz o aprendiz a um simples processo de repetição mecânica, sem o entendimento real da dinâmica do processo.

Nesse sentido, Souza e Cardoso (2008) convidam os professores e demais profissionais envolvidos com o ensino de Química a refletir sobre a importância do desenvolvimento do raciocínio teórico como complementação relevante ao conhecimento de caráter empírico.

“É preciso estimular a prática do ‘pensar quimicamente’, estabelecendo uma contraposição ao uso de regras memorísticas e livrescas, que pouco contribuem ao desenvolvimento intelectual de nossos estudantes” (SOUZA; CARDOSO, 2008, p. 56).

Mas, para que isso aconteça, é necessário investigar como se dá a formação do conhecimento nas salas de aula, qual o papel e o espaço dos professores e alunos na compreensão dos conceitos.

A Teoria Construtivista e o Uso de Modelos no Ensino de Ciências

Percebe-se que os objetivos das propostas curriculares atuais, propostos nos Parâmetros Curriculares Nacionais, bem como na Lei de Diretrizes e Bases e suas complementações, enfatizam a aquisição de novos conhecimentos – alfabetização científica e tecnológica –, a utilização de habilidades e o desenvolvimento de valores nos alunos, que irão influenciar significativamente em sua tomada de decisão frente a questões da Ciência e da Tecnologia na Sociedade. Além disso, esse cidadão pode e deve atuar na proposição de soluções para tais questões, ou seja, objetiva-se formar cidadãos críticos e conscientes, que saibam se posicionar diante das questões sociais, políticas, ambientais, entre outras.

Sendo assim, concordamos com Mortimer et alii (1999), ao enfatizar que o papel do professor de Ciências é mais do que organizar o processo pelo qual os indivíduos geram significados sobre o universo natural, é o de atuar efetivamente, possibilitando o acesso do conhecimento científico a seus aprendizes.

À procura de novos saberes pedagógicos, Pietrocola (1999) nos apresenta um complemento epistemológico ao construtivismo atual, baseado no uso de modelos e na sua vinculação com o mundo real. Argumenta que a realidade se apresenta sempre de forma muito complexa, fazendo-se necessárias aproximações mais simples (idealizações), as quais possam ser trabalhadas, adaptadas, buscando representar de forma cada vez mais semelhante, o mundo real.

Concordamos que “o conhecimento científico é socialmente negociado [...] e os objetos da ciência não são os fenômenos da natureza, mas as construções desenvolvidas pela comunidade científica para interpretar a natureza” (MORTIMER et alii, 1999, p. 32). Dessa forma, os modelos aparecem como ferramentas de interpretação da Natureza.

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, 2002a).

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) deve-se 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).

Segundo Gilbert S. (1991), a produção e o uso de modelos são atividades características da Ciência e inúmeras têm sido as suas aplicações no processo ensino-aprendizagem. A viabilização do uso de modelos, entre outras coisas, aplica-se a facilitar o processo de aprendizagem e a mostrar a forma como se produz e como se conduz o conhecimento científico, o que parece ser também consenso entre cientistas e filósofos da Ciência⁵, ao reconhecerem que é a partir de um processo contínuo de elaboração, adaptação e reformulação que o conhecimento científico se desenvolve e é validado. Além disso, modelos produzidos individual ou coletivamente têm sido reconhecidos como peças fundamentais nas diversas vertentes do ensino de Ciência.

Devemos destacar que o envolvimento dos alunos nos processos de criação de modelos pode-se transformar em momentos singulares de observação por parte dos professores, pois, além da oportunidade de acompanhá-los na expressão e/ou modificação de suas ideias prévias, constitui-se em momento essencial para orientá-los sobre como se estabelecem os modelos científicos.

⁵ Por exemplo, Giere (1988); Magnani; Nersessian; Thagard (1999); Morgan; Morrison (1999, citado por JUSTI; SOUZA; FERREIRA, 2006).

DELINEAMENTO METODOLÓGICO

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, buscamos planejar e trabalhar uma estratégia de ensino em ambiente real de sala de aula, com a participação de alguns alunos do terceiro ano do Ensino Médio, em uma escola comunitária localizada em uma cidade do Noroeste de Minas Gerais, fundamentada na construção, análise, desconstrução/reconstrução de modelos, tendo o equilíbrio químico como tema específico.

Por se tratar de uma pesquisa envolvendo uma estratégia de ensino, nos apoiamos nas bases teóricas da investigação-ação. De acordo com Grabauska e Bastos (2001), a investigação-ação tem sua origem em trabalhos desenvolvidos com dinâmicas de grupos, visando a integrar minorias e associada à busca do estabelecimento das bases requeridas à cientificidade das denominadas Ciências Sociais, tendo como ponto de partida um trabalho empírico. Permite utilizar a

pesquisa em sala de aula e a reflexão contínua sobre a prática, para promover ações que envolvem o planejamento, a implementação, a descrição e avaliação de mudanças para a melhoria de sua prática, aprendendo mais, no decorrer do processo, tanto a respeito da prática quanto da própria investigação (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.

Devemos ressaltar que a pesquisa por investigação-ação não consiste apenas dos momentos de reflexão dos professores sobre sua própria prática pedagógica, assim como também não se limita exclusivamente à resolução de problemas. Ela busca desenvolver, dentro de um processo dialógico-reflexivo, mudanças que levem a um posicionamento diante de um contexto específico (COHEN; MANION; MORRISON, 2000). Dessa forma, acreditamos que a investigação-ação se apresenta como uma metodologia que tem como função clarificar as descrições e dar solidez às interpretações, e, por isso, é indicada para pesquisas e proposições na “Área de Ensino de” (SILVA, 2007).

Gauche (2001) apresenta-nos uma reflexão sobre o verdadeiro papel da metodologia, com a qual comungamos, e na qual nos espelhamos para desenvolver a presente pesquisa:

[...] uma metodologia deve não só refletir os referenciais teóricos colocados no trabalho de pesquisa, mas, também, ser parte dos construtos teóricos que sustentam todo o trabalho, gerando, dessa forma, perspectivas teóricas a posteriori, permitindo a ampliação da ótica interpretativa do fenômeno analisado. (p. 79).

Nesse sentido, buscamos desenvolver nosso trabalho utilizando uma metodologia que refletisse a real situação do contexto sala de aula. Encontramos, na

investigação-ação, o caráter emancipatório que nos auxiliou a adaptar à nossa visão construtivista do processo ensino-aprendizagem o uso de modelos e modelagem para a construção do conhecimento químico, suportada pelas principais abordagens de ensino no Brasil. Estas foram identificadas na revisão bibliográfica e nas teorias de aprendizagem que mais se aproximavam da nossa visão de mundo, tendo como objetivo principal identificar como alunos de uma classe de terceiro ano de Ensino Médio compreendem, no nível atômico-molecular, o que ocorre em um sistema em equilíbrio químico e, a partir de suas concepções identificadas, desenvolver uma proposta de estratégias de ensino-aprendizagem dos respectivos conceitos, por meio do uso de modelos e modelagem.

Com esta proposta metodológica, esperávamos que os alunos fossem levados ao entendimento da Química de forma mais ampla, tal qual apresentada por Justi e Gilbert (2001), ao tratarem dos principais objetivos do ensino, em termos de modelos e modelagem:

- ✓ “saber da Ciência” – implica que os estudantes venham a conhecer a maioria dos modelos que são produtos da Ciência;
- ✓ “saber como fazer Ciência” – implica que os estudantes devam criar e testar seus próprios modelos;
- ✓ “saber sobre Ciência” – implica que os estudantes consigam apreciar a importância de modelos, por meio do questionamento às formas de produção e disseminação dos produtos da Ciência. (JUSTI; GILBERT, 2001, p. 2)

Essa proposta promoveu o desenvolvimento de modelos por parte dos alunos após a apresentação de três situações-problema envolvendo equilíbrio químico, com as devidas apresentações e discussões dos modelos apresentados ao grupo. 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.

Nosso processo investigativo insere-se, então, no contexto da pesquisa qualitativa, que tem como característica principal a predominância pela descrição dos dados, por enfatizar muito mais o processo do que o produto e pelo interesse e preocupação do investigador no significado que as pessoas dão às coisas (NEVES, 1996).

Também como requisito fundamental da pesquisa qualitativa, a coleta de dados se deu de maneira diversificada – questionários, gravações de áudio e vídeo e observações registradas –, o que permitiu a validação interna dos dados, por meio de um processo contínuo de associação/confrontação entre eles.

A confiabilidade dos dados, ainda em consonância com a pesquisa qualitativa, foi considerada a partir de uma confrontação/integração entre o que os dados permitiam inferir e as observações e impressões no contexto do estudo, sendo que a consistência da análise dos dados foi propiciada por diferentes formas de observação (BOGDAN; BIKLEN, 1992⁶, apud FERREIRA, 2006). Nesse contexto, foi despendido um tempo considerável para a coleta e interpretação dos dados, visto que estes “deveriam suportar o peso de qualquer interpretação, devendo a pesquisadora confrontar sua opinião com os mesmos” (FERREIRA, 2006, p. 26).

O Processo da Pesquisa

Para que se compreenda o processo da presente pesquisa, que resultou na proposição de um texto de apoio a professores, apresentamos a seguir um

⁶ BOGDAN, R. C.; BIKLEN, A. K. **Qualitative Research for Education: An Introduction to Theory and Methods**, 2nd. ed., Boston: Allyn and Bacon, 1992. Apud Ferreira (2006).

panorama geral do desenvolvimento da pesquisa, indicando o seu contexto, o perfil dos sujeitos envolvidos e sua escolha, como se deu a coleta de dados e sua análise.

O contexto da investigação

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 trabalho 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 abordaram o tema. Para isso, aplicamos um questionário para levantamento prévio de concepções dos investigados acerca de conceitos associados a equilíbrio químico, considerando sua abordagem submicroscópica, 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.

Foram apresentados aos alunos três experimentos envolvendo o equilíbrio químico e suas características principais, os quais serão detalhados mais à frente. No entanto, 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.

Observamos na revisão de literatura (MACHADO; ARAGÃO, 1996; SOUZA; CARDOSO 2008), que uma abordagem qualitativa prioriza o entendimento das

entidades químicas submicroscópicas, promovendo um maior entendimento dos conceitos envolvidos no equilíbrio. Segundo Souza e Cardoso (2008), ao uso irrefletido de princípios e leis, assim como à aplicação impensada de fórmulas e relações matemáticas, associa-se uma visão exacerbadamente empirista da construção e aplicação do conhecimento científico, uma vez que somente a descrição do fenômeno parece importante, sendo sua interpretação e seu entendimento pertencentes a um plano de menor relevância.

Reforçando a visão apresentada por um grande grupo de professores, Bachelard (2005, p. 37) faz a seguinte reflexão: “É tão agradável para a preguiça intelectual limitar-se ao empirismo, chamar um fato de fato [...] é um empirismo colorido. Não é preciso compreendê-lo, basta vê-lo”.

A coleta de dados

Neste trabalho, buscamos identificar as lacunas conceituais mais frequentes e o que a elas leva, no intuito de promover uma evolução conceitual (MORTIMER et alii, 1999) e contribuir para uma melhor formação dos educandos e mesmo dos educadores por meio da Química.

Para tanto, apresentei nossa proposta de trabalho aos diretores da escola, que avaliaram positivamente nossa iniciativa e sugeriram que a estratégia de ensino se desenvolvesse em um horário alternativo, em função de dificuldades na conclusão do calendário de atividades curriculares do final do ano, o que acatei prontamente, haja vista que as condições não se distanciariam das vivenciadas na rotina de sala de aula.

Posteriormente, apresentei nossas intenções aos alunos. Destacamos que a escola na qual desenvolvemos nossa pesquisa contava com três turmas de Terceiro Ano do Ensino Médio, todas sob minha regência. Após a explicação da proposta, os

alunos se prontificaram, voluntariamente, a participar do processo investigativo. Assim, para minha surpresa, conseguimos um conjunto inicial de quarenta e cinco alunos. Em consenso, marcamos o nosso primeiro encontro, no qual seria apresentada a estratégia de ensino, para um horário alternado ao das aulas regulares.

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.

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.

Em nosso primeiro encontro, foram apresentadas as três situações-problema e também formados os grupos de trabalho – nove no total – intitulados A, B, C, D, E, F, G, H e I. Nesse primeiro contato, todos os grupos apresentaram suas propostas e modelos para a explicação dos fenômenos, visto que, entre outros fatores, nos interessava principalmente levantar as concepções prévias dos alunos, para discutí-las e aprofundá-las no encontro seguinte. Já no segundo encontro, após o levantamento das primeiras hipóteses, foram reapresentados os experimentos, seguidos do momento de da respectiva discussão pelos grupos, e organizamos as novas apresentações da seguinte forma: os três primeiros grupos A, B e C

propuseram explicações para o primeiro experimento, D, E e F propuseram para o segundo experimento e G, H e I se encarregaram do terceiro.

Todos os grupos elaboraram seus modelos para os três experimentos e no momento da socialização das ideias, manifestavam-se na busca pelas melhores explicações, ou seja, qual modelo mais se adequava a cada situação. Devemos nos ater ao fato de que, no grupo, cada aprendiz teve a oportunidade de expor suas ideias, discuti-las, reelabora-las ou amplia-las, socializando, discutindo e construindo seu próprio conhecimento.

Cada grupo escolheu um modelo representacional para expor à turma e, por meio da explicação da proposta, buscamos um modelo consensualmente coerente, apontando diferenças e semelhanças em relação ao formal e quimicamente aceito, respeitadas as exigências de consistência conceitual e explicativa.

Para a coleta dos dados, utilizamos vários instrumentos, entre os quais, as atividades 1, 2 e 3 (Apêndices A, B e C), que continham os modelos apresentados pelos alunos; gravações em vídeo e em áudio; e observações por mim registradas.

Como contávamos somente com uma câmera de vídeo fixa, consegui gravar somente a apresentação dos modelos à turma e o áudio das discussões. Percebemos que a câmera inibia a desenvoltura de alguns alunos, que já se achavam aparentemente um pouco constrangidos em apresentar suas ideias à frente dos demais colegas. Então, resolvemos, a partir do segundo encontro, retirar a filmadora e permanecer somente com a gravação em áudio.

Paralelamente, percebemos que as discussões internas – nos grupos – eram muito ricas e mereciam um destaque especial. Assim, gravei o áudio das discussões e, como se tratava de meus alunos, era fácil identificar, posteriormente, quais participavam mais enfaticamente, o comportamento de cada membro frente à

atividade de modelagem e quais as ideias defendidas internamente que poderiam ser retomadas durante o processo da mediação, quando fossem apresentar o modelo elaborado, bem como as concepções prévias dos alunos e suas atitudes na defesa de suas ideias.

Durante as aulas, deslocava-me com o gravador, permanecendo um tempo considerável em cada grupo quando, além das discussões internas, também havia momentos de mediação.

Todos os trechos audíveis, tanto da filmagem quanto das gravações, foram transcritos e os dados foram organizados de forma a ilustrar o mais próximo possível a vivência da estratégia utilizada. Destacamos as concepções prévias dos alunos, as influências das ideias internas e externas – de outros grupos – no processo de elaboração dos modelos consensuais da turma, além do caráter emancipatório da estratégia de ensino-aprendizagem por nós elaborada.

Devemos lembrar que, além desses dados, dispúnhamos dos desenhos elaborados pelos alunos e suas explicações, nas atividades desenvolvidas a cada aula. O objetivo dessas atividades era levantar as concepções iniciais dos alunos, ter um registro fiel dos modelos propostos desenvolvidos pelo grupo – por meio dos desenhos e suas explicações – e avaliar o processo vivenciado pelos alunos.

Foram encontrados diversos trabalhos na literatura que propõem a utilização dessa ferramenta na avaliação dos conhecimentos químicos (YARROCH, 1985; GABEL; SAMUEL, 1987; LYTHCOTT, 1990; NAKHLEH, 1993; SMITH; METZ, 1996; SANGER, 2000; VÁSQUEZ et alii, 2001; SOUZA; CARDOSO, 2006 e 2008; SOUZA, 2007). Esses trabalhos baseiam-se na ideia de que a facilidade em esquematizar o mundo submicroscópico permite diferenciar os estudantes mais interessados no entendimento de conceitos dos que são meramente solucionadores de problemas.

“Ou, segundo Nakhleh (1993), os que se envolvem mais com o ‘por que’ da química do que com o ‘como’” (LEMES; SOUZA; CARDOSO, 2010, p. 185).

Ao final, concluindo essa etapa de avaliação processual, elaboramos novas questões a partir das concepções identificadas e discutidas, comparadas às quimicamente consolidadas, objeto de aprendizagem almejada, no intuito de verificar o entendimento dos alunos sobre o tema Equilíbrio Químico e qual a eficácia da estratégia desenvolvida.

Após análise dos resultados identificados pelo processo avaliativo, partimos para a elaboração de um material de ensino voltado à formação continuada de professores de Química, na perspectiva de auxiliar na superação das lacunas apresentadas por estudantes, por meio do uso de modelos e modelagem.

O desenvolvimento da pesquisa

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 induz à 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”.

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.

Devido à sua complexidade, a aprendizagem do conceito de equilíbrio químico tem sido objeto de inúmeras investigações. Algumas dessas pesquisas têm-se proposto a conhecer se os estudantes apresentam erros conceituais (WHEELER, 1978; JOHNSTONE et alii, 1977; FURIÓ; ORTIZ, 1983; HACKLING; GARNETT, 1985; GORODETSKY; GUSSARSKY, 1990; CAROBIN; SERRANO, 2007). Outras têm-se preocupado em buscar explicações para esses erros (BANERJEE, 1991; GARNETT et alii, 1995; QUÍLEZ; SANJOSE, 1995; VAN DRIEL, 1998; FURIÓ et alii, 2000). Existem trabalhos que atribuem a falta de compreensão do conceito equilíbrio químico à superposição dos níveis de representação macroscópica e submicroscópica.

Porém, em trabalho recente utilizando modelagem no ensino de equilíbrio químico para alunos da primeira série do Ensino Médio, Ferreira (2006) obteve resultados que demonstram a contribuição dessa abordagem de forma abrangente, enfocando não só o processo teórico, mas, também, o processo de formação do conhecimento, em que se contempla a perspectiva de uma prática educativa significativa.

Assim, com uma abordagem utilizando modelagem e modelos como ferramentas facilitadoras do ensino dos conceitos envolvidos no tema equilíbrio químico, buscamos superar possíveis lacunas na formação desses conceitos, ampliando a capacidade dos aprendizes em conectar tais conceitos com outros de igual importância e demonstrar como o uso de modelos se constitui uma ferramenta importante na construção do conhecimento científico.

Afinal,

[...] 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).

Diante desse contexto, e para melhor ilustrar a estratégia desenvolvida e facilitar o entendimento em relação à análise dos dados, achamos prudente apresentar uma descrição preliminar de cada aula, com a ordem das atividades e o objetivo das mesmas.

Descrição das aulas desenvolvidas na construção da proposta

Consideramos importante esclarecer que, em função da proposta de ensino-aprendizagem ter sido desenvolvida em horário extraclasse e em um período de provas finais da escola, dependíamos da disponibilidade apresentada pelos alunos para marcar os encontros e definir o tempo para cada atividade.

Devemos lembrar também que esse estudo se baseia em um tratamento qualitativo sobre o processo do equilíbrio químico e busca possibilitar o entendimento de como e porque ele ocorre.

1.º Encontro

Em nosso primeiro encontro com os alunos, expliquei que se tratava de uma pesquisa para obtenção de dados necessários à conclusão e à obtenção do título em mestrado profissional. Expus, também, que a participação de todos era muito importante e que não estávamos preocupados em obter, somente, respostas certas. O que nos interessava, em última instância, era saber como eles interpretariam os

fenômenos apresentados e isso, fiz questão de esclarecer aos participantes, deixando-os bastante a vontade.

Esse encontro ocorreu em uma terça-feira, no período da tarde, e utilizamos cerca de 100 minutos, o que correspondeu a 2 (duas) horas-aula, para apresentação e aplicação da atividade.

Pedi aos alunos que observassem detalhadamente o que iria apresentar, pois, em seguida, lhes seria entregue uma atividade (Atividade 1, Apêndice A), na qual, em grupo, buscariam propor, por meio de desenhos e argumentações, explicações sobre o que estava acontecendo em cada fenômeno. Aproveitei para explicar, de forma abrangente, sobre a elaboração e o uso de modelos, discutindo sua importância para a construção do conhecimento científico bem como o cuidado com as generalizações.

Em seguida, apresentei três fenômenos cotidianos envolvendo reações em equilíbrio químico. O primeiro experimento apresentado foi o da lente fotocromática sob incidência da radiação ultravioleta. Incidimos também a radiação sob um prendedor de cabelo fotocromático. Já no segundo experimento, apresentei um Galinho do Tempo e, com o auxílio de uma bombinha de água e de um secador de cabelo, produzíamos 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 (amoniaco) e vinagre (solução de ácido acético).

Vale dizer que os experimentos foram apresentados e repetidos quantas vezes os alunos julgaram necessário e não proferi nenhuma relação de tais

experimentos com o equilíbrio químico, no intuito de que tais relações emergissem das observações e discussões dos alunos entre si e comigo.

Terminadas as apresentações, foi entregue a Atividade 1 (Apêndice A), na qual expus o objetivo da pesquisa e solicitei que, em grupo, buscassem e propusessem explicações – modelos – para as situações demonstradas.

Os alunos, 45 no total, organizados nos 9 grupos já mencionados, tiveram aproximadamente 30 minutos, para discutir as ideias e elaborar seus modelos explicativos.

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, eu e os alunos discutíamos cada proposta apresentada.

2.º Encontro

O segundo encontro aconteceu em um sábado pela manhã, após as avaliações finais do ano letivo. Após analisarmos os modelos propostos pelos alunos no primeiro encontro, associando-os ao campo das discussões observadas e ao relativo distanciamento entre o primeiro e o segundo encontros, iniciei a aula

retomando as questões mais relevantes apresentadas pelos alunos, reapresentando os três experimentos. Contávamos nesse encontro com um número menor de alunos (34 alunos), porém, bastante interessados no processo. Assim, 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).

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, cuja duração foi de aproximadamente 100 minutos (2 horas-aula), propiciou discussões riquíssimas que possibilitaram a continuidade da pesquisa. Em função do tempo gasto para reapresentar os experimentos e do tempo destinado às discussões internas do grupo, e da calorosa discussão no momento da apresentação do grupo A, foi possível apresentar e discutir somente o modelo proposto para explicar o que estava acontecendo com a lente fotocromática e com o prendedor de cabelo, ao sofrerem incidência da radiação ultravioleta – experimento 1. Porém, nesse encontro, chegamos à primeira relação das situações apresentadas

com o equilíbrio químico e identificamos as principais características determinantes dele.

Assim, um terceiro encontro foi marcado para apresentação e discussão dos demais modelos explicativos.

3.º Encontro

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

As discussões do segundo encontro foram bastante valiosas e nos permitiram chegar às principais características que norteiam o equilíbrio químico, tais como a reversibilidade e dinamicidade das reações, a coexistência de reagentes e produtos e a diferença entre concentrações constantes e concentrações iguais. Assim, o nosso objetivo no terceiro encontro era, também, observar a capacidade dos alunos em relacionar os modelos propostos para explicar o primeiro experimento e os demais.

Inicialmente, foram apresentadas as concepções do grupo D acerca do experimento 2 – Galinho do Tempo. Enquanto levantávamos as questões mais relevantes apresentadas e discutidas no segundo encontro, os integrantes dos grupos D, E e F se organizaram para apresentar um novo modelo à turma. Após discutirmos o modelo proposto e apontar suas semelhanças e diferenças com o primeiro experimento, analisamos uma questão do vestibular da UFMG/2009, a qual apresentava justamente o Galinho do Tempo, e a reação envolvida no processo de equilíbrio químico, e buscava uma explicação para o fenômeno, por meio de uma análise qualitativa dele.

Esse encontro teve duração de uma hora e, em função da (in)disponibilidade dos alunos, marcamos o quarto encontro para a discussão do terceiro experimento.

4.º Encontro

O terceiro encontro ocorreu em uma terça-feira, no período da tarde, e o quarto foi marcado para a manhã seguinte, após as provas finais. 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

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

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

Consideramos importante destacar que, além da participação efetiva dos alunos, o papel mediador docente, como esperado, foi fundamental para o bom desenvolvimento deste trabalho.

CONSTRUÇÃO DA PROPOSTA

Durante o período em que apliquei⁷ a estratégia de ensino-aprendizagem, observamos da forma mais criteriosa que nos foi possível, as relações dos estudantes entre si, comigo, com o material recebido, com os objetos do conhecimento e com a Química.

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.

Consideramos importante ilustrar o processo por nós vivenciado e para tanto, optamos por transcrever os principais trechos das proposições apresentadas pelos alunos acompanhados das intervenções proferidas, no intuito de demonstrar o quão importante é, para o processo ensino-aprendizagem, a valorização das concepções dos alunos.

A partir da organização dos dados coletados e suas associações/contraposições, percebemos que as questões de maior importância para esta pesquisa estão relacionadas a:

- ✓ compreensão do processo de construção do conhecimento científico;
- ✓ modelos e modelagem – processo de formação do conhecimento;
- ✓ superação de lacunas e distorções conceituais relativas ao Equilíbrio Químico;

⁷ Aqui, também, como já informado, utilizarei a primeira pessoa do singular quando me referir, especificamente, a considerações e experiências particulares. A primeira pessoa do plural será utilizada em referência a processos coletivamente desenvolvidos, sejam os resultantes da orientação, sejam os vivenciados com os alunos, sujeitos da pesquisa.

- ✓ capacidade dos alunos em relacionar conceitos e conectá-los, criando modelos explicativos – caráter emancipatório da estratégia de trabalho.

Assim, norteamos nosso trabalho buscando explicitar as principais características de uma reação em equilíbrio químico e que contribuem para o entendimento de como e porque ele ocorre. Apresentamos essas características fundamentais a seguir:

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

Para tanto, procuramos desenvolver sistemas empíricos de fácil acesso e que contribuíssem para o desenvolvimento desse modelo para entender o equilíbrio químico e possibilitassem uma aprendizagem mais ampla. Também nos preocupamos, a partir do processo investigativo, em possibilitar o acesso ao processo de construção do conhecimento científico – proposição e teste de hipóteses, discussões da abrangência e limitações dos modelos propostos.

Buscamos levantar os pontos mais relevantes e, muitas vezes, recorrentes na literatura de pesquisas envolvendo o equilíbrio químico, traçando um panorama geral do processo investigativo e, ao final, apresentamos uma reflexão da viabilidade do uso de modelos e processos de modelagem no ensino do equilíbrio químico.

Assim, os dados analisados emergiram da combinação dos diferentes instrumentos de coleta – transcrição das aulas, atividades escritas e observações por mim registradas – e permitiram elucidar as questões da pesquisa apresentadas anteriormente.

Descrição e Análise do Vivenciado

Para melhor entendimento das discussões e da evolução conceitual apresentada pelos alunos, apresentaremos um panorama de cada encontro. 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.

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

Esse primeiro encontro teve duração de 100 minutos (2 horas-aula), sendo 30 minutos destinados à apresentação dos experimentos (Experimento 1 – Lente fotocromática e prendedor de cabelo sob ação da radiação ultravioleta; Experimento 2 – Galinho do Tempo; Experimento 3 – Reação ácido/base com indicador fenolftaleína), 30 minutos para a discussão em grupo e elaboração dos modelos e explicações escritas e 40 minutos para a apresentação e discussão dos modelos propostos à turma.

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 fotocrômico 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 fotocrômico, 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 1.

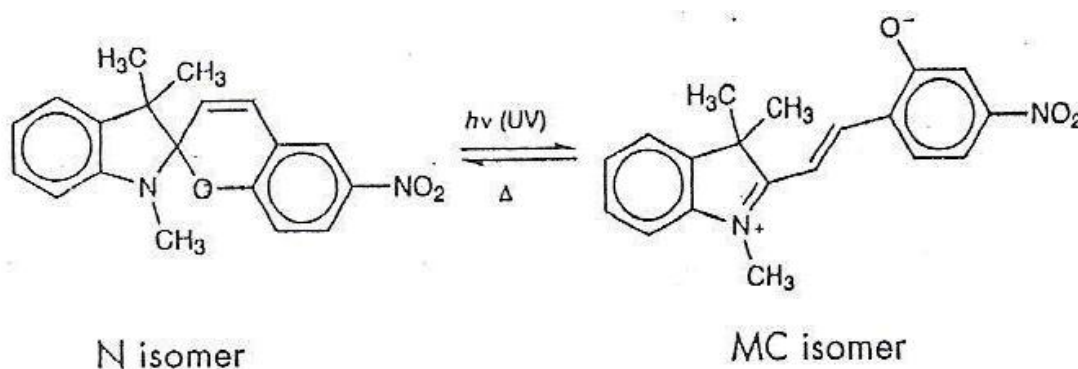


Figura 1: Reação do equilíbrio entre o 6-nitro-BIPS (isômero N) que se converte no 6-nitro-BIPS (isômero MC) – (PRYPSZTEJN; NEGRI, 2001, p. 645).

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.

Assim, foi pedido aos alunos que descrevessem quimicamente, por escrito e por meio de desenhos, o fenômeno apresentado. Todos os grupos representaram desenhos em nível macroscópico, ou seja, o processo físico da mudança de cor.

Somente o Grupo C esboçou uma tentativa de explicar o fenômeno, por meio de uma representação submicroscópica complementar à representação macroscópica.

O comando inicial da atividade 1 era para que os alunos descrevessem quimicamente – submicroscopicamente – os fenômenos apresentados e pode ter sido mal interpretado pelos alunos. Também tais representações – em nível macroscópico – poderiam servir para reforçar a tese de Machado e Aragão (1996), bem como a de Souza e Cardoso (2008), de que os educandos apresentam grande dificuldade de representação das entidades submicroscópicas, destacando a relevante influência das ideias de natureza macroscópica sensorial em sua percepção. Assim, fomos levados a repensar e reelaborar a atividade 1, para que a atividade 2, aplicada no segundo encontro, fosse mais clara para os alunos e elucidativa para nós.

Com relação à descrição escrita do fenômeno, somente os grupos B, C, D e I propuseram uma explicação relacionando conceitos físicos e químicos. Os demais grupos se limitaram, somente, a descrever o processo físico da mudança de cor observada.

O grupo B propôs duas explicações para o fenômeno. A primeira opinião era a de que “os raios UV, quando emitidos, fazem com que o prendedor de cabelo passe a refletir a luz que ele mais recebe” – o prendedor de cabelos era branco e sob incidência da radiação adquiria a coloração violeta. A segunda opinião era que “a lente, ao receber os raios UV, mudam sua coloração por absorver todas as cores presentes nos raios incididos”. Percebemos claramente que esses alunos não entenderam que se tratava de um mesmo fenômeno, porém, durante a apresentação do modelo à turma, quando indagados sobre o processo químico que

gerava o aparecimento da cor, uma integrante do grupo relacionou-o a processos de transição eletrônica.

A_B: *Professora, eu pensei na excitação eletrônica... é que quando eles recebem energia, eles mudam de orbital, aí quando eles voltam para o orbital de origem liberam energia na forma de energia luminosa.*

Surgiu, então, a primeira hipótese, na tentativa de explicar o fenômeno. Como o nosso intuito nesse encontro era levantar as ideias iniciais dos alunos, socializei a ideia com a turma e percebemos que muitos alunos indagaram se a hipótese estava correta. Observamos nos alunos certa insegurança nesse primeiro encontro e uma forte preocupação em encontrar a resposta correta. Não aprofundei nos questionamentos ao grupo, pois gostaríamos de analisar as proposições dos demais. Informei a eles que suas ideias seriam retomadas em momento oportuno.

Nesse momento, os integrantes do grupo D pediram a palavra e informaram que também haviam relacionado o fenômeno da mudança de cor a excitação eletrônica.

E_D: *Quando os raios solares atingem a lente, ocorre uma agitação nos elétrons, fazendo com que eles realizem transição eletrônica, emitindo cores mais fortes.*

Perguntei aos alunos se qualquer quantidade de energia produziria uma excitação eletrônica e em coro, eles falaram que não.

A_D: *Somente alguns valores são permitidos. E a cor é diferente porque os materiais (que constituem a lente e o prendedor de cabelo) são diferentes.*

Na sequência, o grupo C apresentou sua proposição, relacionando o fenômeno à presença de moléculas fotossensíveis.

E_C: *A incidência de raios ultravioleta na lente fotocromática faz com que ocorra uma reação em suas moléculas que são fotossensíveis, ocorrendo uma momentânea mudança de cor, devido a agitação das moléculas.*

Propuseram também um modelo representacional em que as “*moléculas fotossensíveis*”, sem a incidência da radiação UV, estariam agrupadas e, na presença da radiação, elas se afastariam.

Ao serem questionados sobre o porquê de tal representação, eles afirmaram que:

A1_C: *Ao receberem a radiação UV as moléculas ficariam mais agitadas.*

A2_C: *É, elas iam colidir mais.*

P: *E qual a consequência disso? Elas colidirem mais, altera alguma coisa?*

A2_C: *Sim, elas vão reagir, formar outra molécula.*

P: *Outra molécula? Poderíamos dizer outra substância?*

A_(coro): *É, isso mesmo.*

P: *Então, vamos organizar as ideias de vocês, certo? Vocês disseram que a radiação ultravioleta gera uma agitação das moléculas, que vão colidir mais e formarão uma nova substância. E a mudança de cor?*

A3_C: *É que as substâncias formadas têm cor diferente.*

Este grupo mostrou-se bastante interessado e participativo.

Pedi, então, à turma, que analisasse essa nova proposição, que seria a nossa segunda hipótese e achamos importante refletir sobre o que os alunos entendiam por reação química. No momento oportuno, retomamos tal discussão.

Os grupos **E**, **F**, **G** e **H** se limitaram somente a descrever o fenômeno macroscopicamente, enfatizando a mudança de cor.

O grupo **I** foi o último a se apresentar e, apesar de fazer a representação do fenômeno em nível macroscópico, expôs sua explicação em nível submicroscópico.

E: *As lentes são expostas à luz ultravioleta e ficam escuras porque contêm uma substância química sensível à radiação dos raios UV, fazendo assim acontecer uma reação química para o escurecimento da lente.*

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.

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 2, e pela reação ocorrida durante o processo.

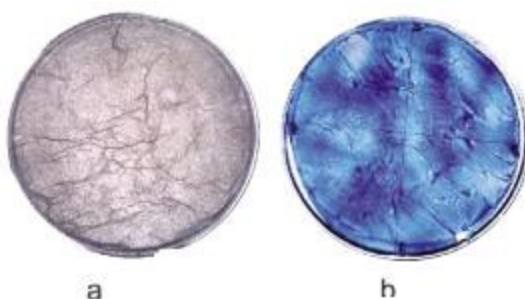
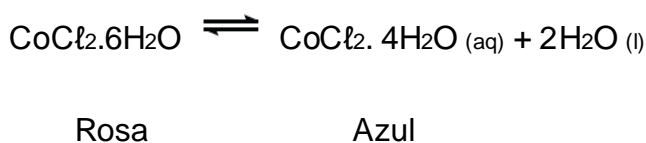


Figura 2: Deslocamento do equilíbrio químico $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} / \text{CoCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$: (a) sob hidratação, maior concentração de $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$; (b) após secagem, maior concentração de $\text{CoCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (<www.scielo.br/img/revistas/qn/v27n6/22294f4.jpg>).



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.

Também para esse experimento, todos os grupos apresentaram desenhos de natureza macroscópica e, novamente, os grupos **A**, **E**, **F**, **G** e **H** apenas descreveram o processo observado em termos da evidência física da mudança de cor.

O grupo **B** apresentou uma explicação em termos de uma reação ácido/base.

E_B: Na presença de alguma substância ácida ou básica junto à água, ocorrerá uma reação de H^+ ou OH^- , provocando, assim, a mudança de cor.

Indaguei sobre o que os levou a essa proposição e os integrantes do grupo associaram ao terceiro experimento que apresentava um indicador ácido/base – fenolftaleína.

A1_B: *Achamos professora que nas asinhas do Galinho tem uma substância igual à fenolftaleína que muda de cor na presença de ácido ou base.*

Percebi que era fundamental discutir essas concepções, pois, as associações eram indevidas. Assim, lembrei aos alunos que só foi borrifada água nas asas do Galinho.

A2_B: *É mesmo!*

P: *Então, com base nas explicações de vocês, como a água produziria ora um efeito ácido, ora um efeito básico?*

A1_B: *É professora, a gente se enganou. Podemos apresentar de novo na próxima aula?*

P: *Certamente, mas também podem propor novas hipóteses enquanto os outros grupos apresentam.*

Assim, partimos para a apresentação do Grupo **C**, que associou suas ideias à presença de uma substância termossensível.

E_C: *O galo é feito de um tecido especial que, na ausência de umidade, torna-se azul e, na presença de umidade, fica rosa. Quando há umidade, as moléculas ficam iguais e, na ausência de umidade, essas moléculas termossensíveis mudam de cor, pois é causada uma reação química.*

P: *Vamos por partes, ok? Primeiro, o que vocês entendem por moléculas termossensíveis?*

A1_C: *São aquelas que com o calor mudam de estado.*

P: *Mudam de estado? Como assim? Estado físico?*

A2_C: *Não, mudam de agitação.*

A3_C: *Não é isso, Professora, elas mudam de organização. É assim, quando tá mais seco, a substância é ativada e quando tá úmido, ela dissipa.*

P: *Dissipa? Não entendi.*

A2_C: *Ela se mistura com a água.*

P: *Então, vocês querem dizer que ela é solúvel em água, é isso? E por que vocês disseram que quando há umidade elas ficam “iguais”? Iguais? Como assim?*

A4_C: *É por causa da reação química, elas têm uma organização sem umidade e outra quando coloca água.*

P: *Então, quando elas ficam iguais? Iguais a quê?*

A4_C: *Professora, vimos primeiro a substância rosa e depois que aqueceu ela ficou azul, então, na presença de umidade, elas ficam iguais, ou seja, fica rosa, entendeu?*

Nesse momento, os outros grupos já se apresentavam bastante dispersos e percebi que deveríamos organizar as ideias do grupo e prosseguir com as discussões no próximo encontro, para não tumultuar o processo.

Assim, socializamos a ideia do grupo que atribuiu a mudança de cor a uma reorganização das moléculas, ativadas pelo ar quente do secador, ocasionando uma reação química.

Um integrante do grupo B pediu a palavra:

A_B: *Faz sentido. Concordo com eles, porque aprendemos que uma das evidências de reação química é a mudança de cor.*

Coro: *É mesmo.*

P: *Tudo bem, pessoal. Uma das evidências de ocorrência de reação química é a mudança de cor, mas não podemos generalizar, ok? Nem sempre que há mudança de cor está ocorrendo uma reação química.*

A: *Dá um exemplo. Quando muda de cor e não é reação?*

P: *Por exemplo, em uma diluição. Vamos pensar... quando diluímos um suco em água, a mistura muda de cor, porém, não está havendo reação química.*

O grupo D esboçou uma correlação entre a agitação das moléculas, devido ao ar quente do secador, e a mudança na coloração da substância.

E_D: *Dependendo da umidade e da temperatura o galinho muda de cor (fica azul). Ele muda de cor, porque absorve a energia liberada pelo ar quente, ocorrendo agitação das moléculas do material.*

E o grupo I retomou a ideia de reação química para explicar o fenômeno.

E_I: *No tecido do galo, existe uma substância química que, na presença de água, reage com esta e muda sua coloração de azul para rosa, uma reação química.*

Nesse momento, percebi que seria importante retomar as investigações sobre o entendimento dos alunos acerca do conceito de reação química.

P: *Vocês disseram, há pouco, que a mudança de cor é uma evidência de reação química e vários grupos associaram suas explicações para os fenômenos apresentados à ocorrência de reação química. Mas, o que vocês entendem por reação química?*

A: *É quando os reagentes se transformam nos produtos. Eles são diferentes.*

Percebemos aqui uma reprodução livresca na fala do aluno com ausência de reflexão.

P: *Mas, como reagentes se transformam em produtos?*

A_C: *Elas (as substâncias) precisam ser ativadas. Então, elas se misturam e se reorganizam formando outras substâncias.*

P: *Como assim, elas se misturam?*

A_C: *Elas agitam mais.*

A_D: *Elas se agitam, colidem e se reorganizam.*

P: *Vocês concordam com os colegas? Para que haja uma reação química, é necessária uma energia de ativação, que promova uma maior agitação e, conseqüentemente, um maior número de colisões efetivas, gerando uma reorganização das moléculas?*

Coro: *Sim!!*

P: *Acabamos de formular nosso conceito para reação química a partir das ideias apresentadas por vocês. O que acharam?*

A: *Legal, Professora. Assim, a gente não tem que decorar nada, só precisa pensar.*

O terceiro e último experimento referia-se a um equilíbrio ácido/base, usando fenolftaleína como indicador. Utilizamos uma solução de amônia, uma solução de ácido acético – vinagre e o indicador. Também essa 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 a fenolftaleína é uma doadora de H^+ e, por isso, apresenta caráter ácido. Na forma ionizada, conforme ilustra a reação na figura 3, é possível observar a coloração avermelhada:

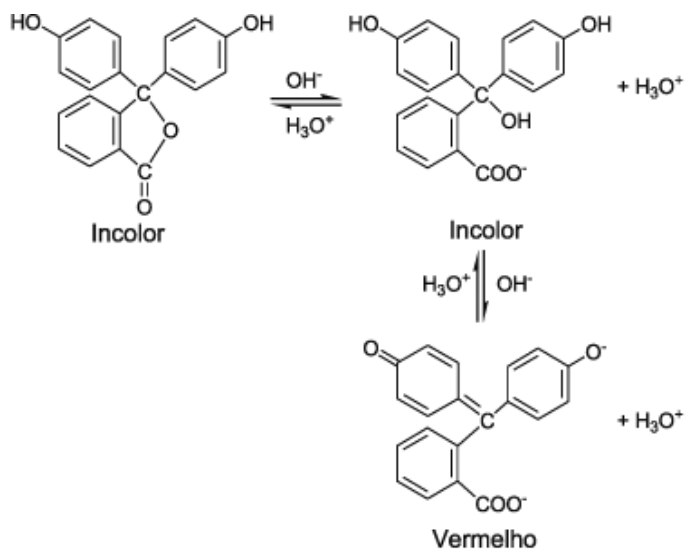


Figura 3: Fórmula Estrutural da fenolftaleína (OSAWA; GONÇALVES, 2006, p. 594).

Optamos por fazer a apresentação deste experimento no retroprojedor, 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 eu 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 (**E**, **F**, **G** e **H**) manifestaram isso em seus desenhos e em suas descrições por escrito, mas não houve tentativas de explicar o fato.

Com exceção do grupo **C**, todos os demais se limitaram a descrever as mudanças de cor atribuídas à presença da substância básica ou ácida e alguns

apresentaram a ideia complementar de que ao adicionar o ácido à mistura muda a cor, devido à neutralização da base.

O grupo **C** atribuiu a mudança na coloração da mistura à reação química ocorrida entre a fenolftaleína e o meio ácido ou o básico, em termos de acepção de elétrons.

E_C: A fenolftaleína na presença de base fica rosa e na presença de um ácido fica transparente. A base doa elétrons e o ácido compartilha-os com a fenolftaleína, por isso as diferenças.

Atribuímos essas ideias ao fato de que em algumas aulas anteriores, um aluno do 3.^o B perguntou a mim o que acontecia com a fenolftaleína que provocava a mudança de cor. Então, nessa turma, desenhei a estrutura da fenolftaleína no quadro e expliquei como se processava a reação em meio básico, que determinava o aparecimento da cor. Informei, também, que todas as substâncias orgânicas que apresentavam oito ou mais duplas ligações conjugadas apresentavam coloração na região do visível. Justamente nesse grupo, encontravam-se quatro alunos do 3.^o B.

Ao serem questionados sobre a explicação dada, os alunos não souberam expressar suas ideias com clareza. E fizeram relação com a explicação dada por mim em sala de aula. Apesar da resposta confusa, achamos prudente retomar essas ideias no próximo encontro por percebermos que o rendimento e a participação dos alunos já não eram tão significativos, manifestavam certa apatia ou até mesmo desinteresse, em alguns momentos.

Além das explicações por escrito e por meio de desenhos, solicitávamos aos alunos, na Atividade 1, que se posicionassem frente ao fato do uso de recursos computacionais para o desenvolvimento dos desenhos por eles elaborados. Este questionamento foi proposto com o intuito de identificar a relação que os alunos fariam com a dinâmica do processo.

Alguns grupos não responderam à questão e, dos que responderam, somente o grupo **C** fez associações com as representações no nível submicroscópico e movimentação das moléculas. Os demais se ativeram ao nível macroscópico.

E_C: Com recursos computacionais daria para fazer uma melhor representação do que acontece microscopicamente com as moléculas. Ex: animações.

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 construção 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.

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_A: *O polímero, que será o reagente, reagirá com os raios UV, produzindo uma substância que faz as lentes escurecerem.*

A2_A: *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_A: *Elas se agitam e se reorganizam.*

A3_A: *Tem quebra de ligação e formação de outras.*

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

A1_A: *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 4), 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.

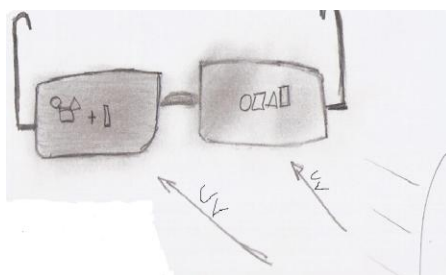


Figura 4: Modelos apresentados pelo grupo A

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

E_C: *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_C: *Principalmente dipolo induzido.*

P: *São interações fortes?*

A2_C: *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_C: *Não.*

A2_C: *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_C: *Elas colidem e podem formar outra substância.*

Considerarei 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_C: *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?

A3_C: 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 5), o grupo retomou a ideia do rompimento das interações, visto que não havia diferença nas moléculas representadas, apenas um afastamento.

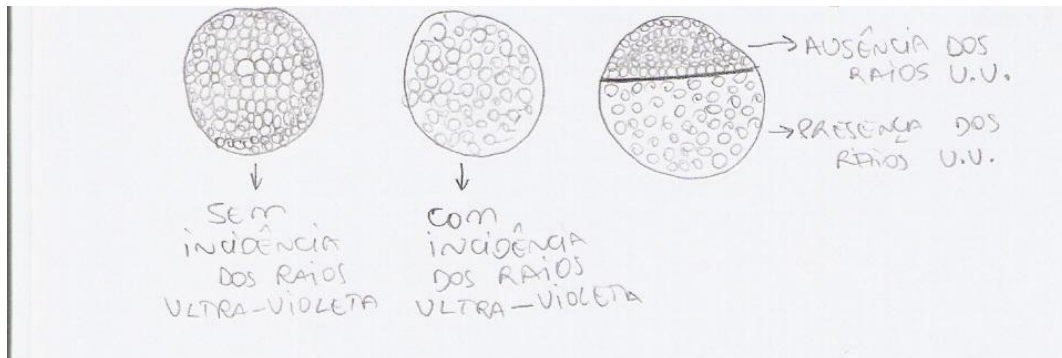


Figura 5: Desenhos apresentados pelos alunos Grupo **C**.

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_H: *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_C: *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_D: *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_D: *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_C: *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_C: *Se o material tiver na presença da radiação, forma a substância escura e se a radiação for retirada, volta a substância inicial.*

A_A: *O processo é reverso.*

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

A_A: *O processo é reversível, porque, dependendo do meio, favorece a formação de uma das substâncias, ou o reagente ou o produto.*

A_C: *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_C: *Vai haver uma nova reorganização dos átomos, voltando à substância inicial.*

A_A: *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?*

A_{1D}: *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?*

A_{1H}: *Não, quando existe uma, não existe a outra.*

A_{1A}: *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?*

A_{1H}: *Não, é gradual.*

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

A_{1H}: *Que uma vai se transformando na outra.*

A_{1C}: *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?*

A_{1C}: *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_H: *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_H: *Que as duas existem.*

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

A1_H: *A escura.*

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

A1_H: *Volta a aparecer a substância clara.*

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

A4_C: *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, questioneei:

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_C: *Existem ao mesmo tempo, no processo uma vai se transformando na outra. (referindo-se às moléculas de reagentes e produtos)*

A1_H: *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_C: *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_C: *Pode ser.*

A4_C: *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?*

A6_C: *Elas entram em equilíbrio.*

P: *Que tipo de equilíbrio?*

A6_C: *Equilíbrio químico.*

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

A5_C: *É quando as substâncias, reagentes e produtos, coexistem.*

A2_A: *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.

A6_C: *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?*

A6_C: *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 6), de maneira a contemplar a reversibilidade da reação e a coexistência de reagentes e produtos.

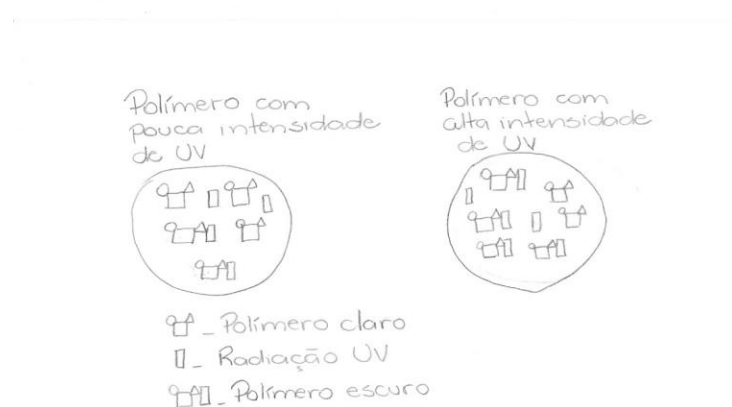


Figura 6: Modelo consensual proposto ao final do 2.º encontro.

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), visto que os alunos se tornavam observadores críticos, questionadores, capazes de comparar, valorar, intervir, escolher e até mesmo romper com suas próprias ideias.

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

O terceiro encontro tinha o objetivo de discutir as ideias mais relevantes na explicação do fenômeno ocorrido no Galinho do Tempo e comparar suas semelhanças e diferenças com o modelo apresentado para explicar o fenômeno da lente fotocromática.

Observamos que, apesar das discussões relativas à dinamicidade das reações e da coexistência de reagentes e produtos, alguns grupos ainda apresentavam uma visão centrada no equilíbrio estático, outros demonstravam pouca evolução em relação às concepções de natureza macroscópica, também eram presentes representações compartimentalizadas, como ilustra o modelo proposto pelos grupos **D** e **F**, para explicar o fenômeno (discussões internas do grupo comigo, no segundo encontro).

Os dados relatados a partir de agora referem-se às ideias apresentadas pelos alunos dos grupos **D**, **E** e **F**, responsáveis por propor modelos explicando o segundo experimento – Galinho do Tempo – e foram coletados no segundo encontro, por meio de gravações e da Atividade 2.

E_F: *Quando o galinho está rosa, as moléculas estão organizadas (paradas). Quando o galinho é exposto ao calor (secador), as moléculas se agitam e, pelo material do galinho ser sensível ao calor, as moléculas se reorganizam e emitem luz, mudando a cor do galinho.*

Questionei o grupo em relação ao movimento das moléculas.

P: *Vocês disseram que as moléculas, inicialmente, estão organizadas. Por que vocês acreditam que elas estejam paradas?*

A1_F: *Não, professora, é que elas estão mais juntinhas e, quando bate o secador, elas agitam mais.*

P: *Por que vocês acham que elas agitam mais?*

A2_F: *Por que tem mais energia, o ar quente.*

Pedi ao grupo que refletisse também sobre o que ocorria com as moléculas, em termos da sua movimentação, quando borrifávamos a água antes de apresentar a versão final do modelo. Observamos que, mesmo após as intervenções e a discussão proporcionada no segundo encontro para proposição de um modelo explicativo consensual para o fenômeno ocorrido com a lente fotocromática, não houve modificações no modelo proposto pelo grupo.

Os alunos dos grupos **D** e **E** apresentaram uma visão mais próxima de um modelo quimicamente aceito. Esses dois grupos foram para o pátio no segundo encontro e discutiram, juntos, as concepções para proposição do modelo. Também não houve intervenção docente nas ideias apresentadas pelo grupo. Segundo eles,

E_{D,E}: As moléculas que estão na forma sólida, têm menor intensidade de colisões. Ao jogar água, no estado líquido, haverá uma interação com as moléculas presentes no galinho, aumentando a intensidade das colisões e conseqüentemente, aumentando a energia entre elas. Com o aumento da energia, os elétrons saltam de camada eletrônica. Ao retornarem a camada de origem, eles (os elétrons), emitem luz.

Iniciamos o terceiro encontro retomando as principais ideias que compuseram o modelo explicativo para o fenômeno 1 – Lente fotocromática. Observamos que grande parte dos alunos já apresentava um modelo explicativo claro, o qual contemplava conceitos relativos ao equilíbrio químico, como a reversibilidade da reação química, coexistência de reagentes e produtos, igualdade nas velocidades de formação de reagentes e produtos.

Uma aluna do grupo **D** pediu para iniciar a apresentação das ideias propostas. Ao expor a proposição do grupo – apresentada anteriormente –, a própria aluna pediu para retificar o modelo, afirmando que aquele proposto não era suficiente para explicar o fenômeno. Assim, retornou ao grupo para apresentar suas ideias. Também os integrantes do grupo **E** se aproximaram e, após uma breve

discussão, a aluna voltou à frente e apresentou sua nova proposição. O modelo apresentado agora, oralmente, contemplava os vários aspectos discutidos anteriormente, para o primeiro experimento.

E_D: *O material do galinho é composto por substâncias químicas (reagentes e produtos) que coexistem e estão parcialmente estáveis. Fatores como a umidade (H₂O) e calor, causam certa instabilidade de tais substâncias, provocando quebra de determinadas ligações e reorganização dos átomos para formar novas substâncias que emitem cores diferentes, de acordo com o ambiente que se encontram.*

Podemos perceber que a aluna demonstrou compreender fatores importantes relativos ao equilíbrio químico e grande capacidade argumentativa, apresentando uma explicação para a reversibilidade e coexistência de reagentes e produtos – *substâncias parcialmente estáveis*. Também observamos o entendimento de que o equilíbrio químico discutido pode ser alterado em função de algumas perturbações externas. Porém, o desenho proposto (figura 7) ilustrava a forte influência da visão compartimentalizada da reação.

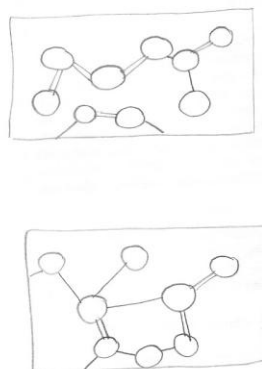


Figura 7: Modelo proposto pelo Grupo D para explicar o fenômeno ocorrido com o galinho do tempo.

Pedi à turma para que observássemos o desenho e comparássemos com as explicações proferidas pela aluna, no intuito de observar como reagiriam frente ao modelo e se percebiam a incoerência entre as ideias e o desenho apresentados.

P: *Observem o desenho proposto. Ele abrange todas as ideias levantadas pelo grupo para explicar o experimento?*

Alguns integrantes dos grupos **D** e **E** manifestaram que o desenho estava incorreto, outros, incompleto. Buscamos, então, resgatar a explicação oral apresentada pela aluna e comparar com o desenho, para que percebessem o que poderia ser reformulado no desenho.

A própria autora do modelo pediu para reformulá-lo mais uma vez, afirmando que precisava ilustrar a coexistência das substâncias. Segundo ela, o grupo pensou em representar o que acontecia com as moléculas antes e depois da perturbação, mas se esqueceram de representar o “durante”.

Após a ampliação do modelo, retomamos a discussão relativa aos fatores que “causam instabilidade” no processo, com a intenção de resgatar e aprimorar o entendimento dos alunos acerca do deslocamento do equilíbrio.

P: *Como vocês entendem que a água e o calor causam instabilidade nas moléculas presentes no Galinho?*

A2_D: *Essas moléculas são cloreto de cobalto? Qual é mesmo a fórmula?*

Apresentei a estrutura do cloreto de cobalto (CoCl_2) e também do cloreto de cobalto hexa hidratado ($\text{CoCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$), indicando suas colorações, e pedi aos alunos que propusessem, em termos das fórmulas, uma representação para a equação química que se processava. A maioria representou a reação de formação do cloreto de cobalto hexa-hidratado. Quando questionados sobre tal representação, em termos de sua abrangência, chegamos ao modelo para a reação com representação da dupla seta, indicando a reversibilidade da reação.

Voltando as investigações sobre o deslocamento do equilíbrio, utilizei o modelo de reação proposta. Perguntei a eles, o que ocorreria quando adicionássemos água ao sistema, ao que responderam:

A_D: *Quando adicionar água, o cloreto vai reagir e vai formar mais a substância rosa – referindo-se ao cloreto de cobalto hexa-hidratado.*

P: *Mas continua em equilíbrio?*

Coro: *Não.*

P: *Como vocês entendem esse processo?*

Percebemos que os alunos apresentavam concepções referentes ao Princípio de Le Chatellier para explicar o fenômeno. Porém, ainda era confuso o entendimento sobre a restituição do equilíbrio.

A_C: *Quando adicionar mais água, a reação vai deslocar no sentido contrário, para consumir a água que está em excesso.*

P: *Como?*

A_C: *Acho que como vai ter mais água, vai haver mais colisões entre as moléculas, formando o produto.*

P: *E quando aquecemos, com o secador, o que vai acontecer?*

A_D: *Vai voltar. A água evapora.*

P: *Mas, e a reação? Continua em equilíbrio?*

As opiniões se dividiram. Então, retomamos todas as ideias apresentadas, enfatizando o fenômeno observado após cada perturbação. Assim, surgiu a seguinte interpretação:

A_D: *Vai ter o equilíbrio, mas de outro jeito.*

P: *Você pode explicar melhor?*

A_D: *A reação estava em equilíbrio, aí foi adicionado água e abalou o equilíbrio. Quando as moléculas (referindo-se ao cloreto de cobalto) reagirem com a água vai formar a outra substância (cloreto de cobalto hexa-hidratado) e vai entrar em equilíbrio de novo.*

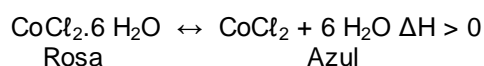
Socializamos a ideia e observamos que a proposição foi bem recebida pelos colegas. No intuito de testar o modelo proposto e observar como os alunos se comportariam diante de uma questão de vestibular que abordava o fenômeno investigado – Galinho do Tempo –, apresentamos, no quadro, uma questão do Vestibular/2009 da UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais, transcrita a seguir.

Questão 60

O “galinho do tempo”, abaixo representado, é um objeto que indica as condições meteorológicas, pois sua coloração muda de acordo com a temperatura e a umidade do ar.



Nesse caso, a substância responsável por essa mudança de coloração é o cloreto de cobalto, CoCl_2 , que, de acordo com a situação, apresenta duas cores distintas – azul ou rosa –, como representado nesta equação:



Considerando-se essas informações, é **Correto** afirmar que as **duas** condições que favorecem a ocorrência, no “galinho do tempo”, da cor **azul** são

- A) alta temperatura e alta umidade.
- B) alta temperatura e baixa umidade.
- C) baixa temperatura e alta umidade.
- D) baixa temperatura e baixa umidade.

Os alunos observaram que o modelo proposto para explicar a reação era coerente e não apresentaram dificuldades para analisar a questão⁸.

⁸ Cabe ressaltar que foi preciso corrigir o texto da questão, especificamente em relação às cores atribuídas às espécies envolvidas no equilíbrio. O texto original é passível de acesso por meio do *link* <<http://www.ufmg.br/copeve/site/arquivos/Provas/2009/1%20E TAPA/QuimicaCaderno1.pdf>>.

Em alguns momentos, anteriores à discussão/interpretação da questão, chegamos a suspeitar que as explicações relativas ao deslocamento do equilíbrio eram meras reproduções de interpretações livrescas e não refletiam, realmente, o que os alunos pensavam. Porém, ao observar o comportamento dos alunos e a defesa das concepções apresentadas anteriormente, percebemos que muitos conseguiam interpretar com clareza o deslocamento do equilíbrio.

A questão buscava investigar quais fatores favoreceriam no “galinho” o aparecimento da cor azul – associada ao cloreto de cobalto. Também a reação continha a informação termoquímica que favorecia a formação do CoCl_2 .

Assim, além de testar o modelo explicativo, os alunos demonstraram capacidade de relacionar outros conceitos químicos, relativos à termoquímica, na interpretação do fenômeno.

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

O quarto encontro contou com a participação de apenas 12 alunos, porém, todos se mostraram bastante interessados em concluir o processo de formulação dos modelos e entender um pouco melhor o equilíbrio químico.

Iniciamos a aula repetindo o experimento visto que já haviam decorrido vários dias da última apresentação e gostaríamos de destacar alguns pontos ao longo do processo, bem como investigar como seriam as proposições após as discussões esclarecedoras dos encontros anteriores.

Os grupos responsáveis por apresentar o modelo para explicar o fenômeno não compareceram e, assim, os alunos presentes sugeriram que, após a reapresentação do experimento, todos discutissem juntos, para buscar um modelo único.

Observando atentamente o fenômeno ocorrido com a fenolftaleína em meio básico e depois em meio ácido, associaram o processo com outros dois já investigados e discutidos, levantando seus pontos em comum. Assim, elaboraram um modelo mais abrangente, que contemplava os principais aspectos do equilíbrio químico – dinâmica do processo, coexistência de reagentes e produtos e a reversibilidade das reações.

Questionei sobre a abrangência do modelo proposto e quais seriam suas limitações. Em termos da abrangência, os alunos afirmaram que conseguiam explicar todos os equilíbrios químicos apresentados até então com o modelo proposto e acreditavam poder explicar outros fenômenos relacionados ao equilíbrio utilizando-o. Quando questionados sobre as limitações, afirmaram não percebê-las. Assim, repeti a pergunta feita no primeiro encontro, relacionando recursos computacionais à elaboração dos desenhos.

P: *Caso vocês pudessem utilizar recursos computacionais, haveria alguma alteração nos desenhos elaborados?*

A1: *Não haveria alteração nos desenhos, mas ficaria mais fácil representar as moléculas, a agitação.*

A2: *É, ficaria mais fácil visualizar a transformação de reagentes em produtos e vice-versa. No papel, parece que a reação está parada.*

P: *Parada? Como assim?*

A2: *A reação não para, certo? Os reagentes formam produtos e os produtos voltam a ser reagentes. Mas no papel não dá pra representar isso.*

A1: *Então, foi por isso que a senhora fez essa pergunta no primeiro encontro? Para ver se a gente percebia o movimento, a agitação das moléculas?*

P: *Quase isso. Gostaria de entender se vocês percebiam como os recursos computacionais possibilitam demonstrar a dinâmica da reação.*

A3: *É, o nosso grupo pensou isso. Associamos com animações para representar as moléculas se transformando. (Esta aluna pertencia ao grupo C, o único que propôs associações com a dinamicidade do processo).*

Assim, perguntei:

P: O modelo proposto por vocês contempla a movimentação das partículas?

A4: Muito pouco. Fica difícil representar movimento no papel. Com certeza no computador fica melhor.

Nesse encontro, percebemos que os alunos foram capazes de associar suas explicações com outras situações envolvendo equilíbrio químico e aprimorar o modelo proposto nas atividades anteriores. Também demonstraram perceber a abrangência e as limitações do modelo. Buscaram relacionar as principais características do Equilíbrio Químico e contemplá-las em sua representação, conforme ilustrado na figura 8.

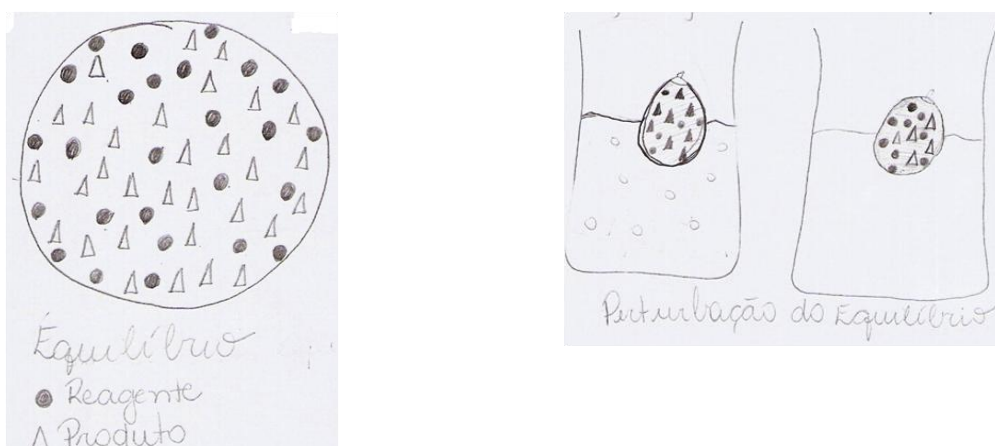


Figura 8: Desenho Final.

Sintetizando as ideias apresentadas pelos alunos, eles chegaram a um consenso de que todos os fenômenos apresentados encontravam-se em equilíbrio químico. Assim, reagentes e produtos coexistiam e se transformavam um no outro continuamente – a reação nunca parava. A transformação de reagentes em produtos e o aparecimento da cor foram explicados pela quebra de ligações nas moléculas (algumas) e reorganização dos átomos. Por uma perturbação externa (radiação, calor, umidade, mudança de pH), haveria uma alteração no equilíbrio, mas, a partir

de uma reorganização das moléculas, no sentido de minimizar a perturbação, ele seria restituído.

5.º Encontro: A Avaliação

Deste encontro, participaram somente oito alunos, os quais identificaremos pelas letras A, B, C, D, E, F, G e H para facilitar o processo de apresentação e análise dos dados coletados.

A avaliação proposta continha 6 questões, das quais as 3 primeiras destinavam-se a investigar o entendimento dos alunos acerca da reação em equilíbrio: $\text{N}_2\text{O}_4 (\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2 (\text{g})$

A quarta questão buscava investigar as correlações entre o modelo proposto para explicar o equilíbrio $\text{N}_2\text{O}_4 (\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2 (\text{g})$ e o proposto para os sistemas discutidos anteriormente.

As duas últimas questões procuravam investigar como os alunos vivenciaram as atividades e qual a sua contribuição para a compreensão dos fenômenos químicos.

Observamos que todos os alunos apresentaram proposições para explicar o sistema $\text{N}_2\text{O}_4 (\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2 (\text{g})$, contemplando as principais ideias discutidas no modelo explicativo para os fenômenos anteriores. Exploraram o processo de quebra/formação de ligação para explicar a formação das moléculas, a reversibilidade da reação, a coexistência das moléculas. Porém, dos 8 alunos que participaram do processo avaliativo, 2 apresentaram desenhos que ainda refletiam uma visão compartimentalizada da reação, representando reagentes em um recipiente e produtos em outro (A e B). Outra aluna demonstrou não avançar, em termos submicroscópicos, apresentando em seus desenhos as evidências físicas do processo, sem se preocupar em representar as entidades submicroscópicas (C). Os

demais apresentaram desenhos coerentes com as explicações propostas, demonstrando compreender o equilíbrio químico em nível submicroscópico.

Dos modelos propostos para explicar o deslocamento do EQ apresentado na segunda questão, observamos que dois alunos apresentaram uma representação macroscópica (A e C), demonstrando dificuldade em representar e trabalhar com as entidades submicroscópicas. Outro aluno (B) representou, novamente, reagentes em um compartimento e produtos em outro, apresentando forte influência da concepção do equilíbrio estático. Os alunos D, E, F, G e H representaram a coexistência de reagentes e produtos, enfatizando em cada situação qual das substâncias estaria presente em maior quantidade. Também as explicações para os modelos propostos apresentavam clareza no entendimento do comportamento das substâncias e do deslocamento do equilíbrio.

E: Sempre vai haver o equilíbrio das moléculas, mas quando aquecidas elas ficam mais agitadas e formam mais a substância marrom, apresentando um novo equilíbrio.

Com relação à terceira pergunta, somente a aluna C manifestou uma explicação não condizente com o processo, atribuindo sua explicação ao fato de que “*ainda fica um pouco de NO₂, porque não é uma reação imediata*”. Todos os demais alunos manifestaram entender que, mesmo sob condições adversas, a reação não para de ocorrer. De acordo com o estímulo externo – água quente ou fria – haverá maior formação de uma ou outra espécie e ambos os sistemas buscam voltar ao estado de equilíbrio.

D: O NO₂ e o N₂O₄ coexistem. Ora predomina o primeiro, ora predomina o segundo, dependendo do estímulo externo, no caso, a temperatura. Lembrando que sempre buscando um determinado equilíbrio químico.

As respostas dadas à quarta questão demonstraram a capacidade dos alunos em relacionar os fenômenos, apresentando suas semelhanças e diferenças.

Também essa avaliação deu aos alunos a oportunidade de testar o modelo proposto, o que eles ressaltaram na explicação dessa questão.

A: É possível relacionar os fenômenos, pois o experimento é quase o mesmo que acontece no galinho, só que em vez de sólido vão ser gases que estão reagindo.

D: É possível observar semelhanças em todas as situações. Todas envolvem reações reversíveis, com reagentes formando produtos e produtos voltando a formar reagentes. Todos são exemplos de equilíbrio químico e o mesmo modelo – proposto pelo grupo – explica todos eles.

As respostas dadas à quinta questão estimularam-nos a continuar, em nossa prática de sala de aula, o trabalho aqui desenvolvido. Percebemos o quanto os alunos valorizaram o processo investigativo e também o quanto se sentiram importantes em discutir as proposições em busca de um modelo consensual em que eles eram os sujeitos da investigação.

A: Sim. Por ter mostrado os exemplos e como foi feito. Deu a oportunidade de todos mostrarem suas opiniões, que depois de organizadas formam uma, bem explicada.

B: Sim, pois mostrou o fato das substâncias coexistirem, algo que eu nem imaginava ser possível.

D: Sim, porque o meu conhecimento sobre o equilíbrio químico era bem sintético e com os experimentos e as discussões apresentados pela professora e pelos colegas, eu consegui visualizar os conceitos relacionados com o equilíbrio químico com mais clareza.

Em relação à sexta questão, os alunos se perceberam como agentes ativos do processo ensino-aprendizagem, capazes de questionar, levantar hipóteses e testá-las, reelaborar ou abandonar suas ideias em busca de um modelo explicativo mais abrangente, que os auxiliasse na resolução de problemas.

E: Mostrou mais claramente como são levantadas as hipóteses. Também os debates fazem com que a gente tenha uma compreensão maior do experimento.

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.

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.

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

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 modelos. Atribuimos essa limitação apresentada pelos alunos à ausência de atividades que privilegiem o uso de modelos e atividades de modelagem, no ensino formal. Em investigações anteriores, verificamos que os professores sabem da importância do uso e da elaboração de modelos como ferramentas que possibilitem melhorias no processo ensino-aprendizagem. Porém, constatamos que a prática reflete outra realidade, em que pouco ou nada se explora com tais ferramentas.

Analisando o processo vivenciado

Ao elaborarmos este trabalho, tínhamos o objetivo maior de contribuir para a melhoria do ensino de conceitos da Química, utilizando como foco o equilíbrio químico. Assim, buscamos desenvolver uma estratégia de ensino que permitisse aos alunos compreender, de forma mais ampla, o processo de construção do conhecimento científico.

A presente estratégia de ensino deriva do pressuposto de que uma das tarefas essenciais do educador é a de

[...] apoiar o educando para que ele mesmo vença suas dificuldades na compreensão ou na negligência do objeto e para que sua curiosidade, compensada e gratificada pelo êxito da compreensão alcançada, seja mantida e, assim, estimulada a continuar a busca permanente que o processo de conhecer implica. (FREIRE, 1996, p.119).

Para tanto, desenvolvemos situações-problema estimuladoras da decisão e da responsabilidade, promovendo *atividades respeitadas de liberdade*, valorizando as concepções dos alunos e orientando-os a *pensar quimicamente*.

Em busca desse ensino emancipatório e libertador, propusemos atividades que utilizassem modelos e processos de modelagem como ferramentas de ensino, no intuito de proporcionar a superação de lacunas e distorções conceituais relativas ao Equilíbrio Químico, explorando a capacidade dos alunos em relacionar conceitos e conectá-los, criando modelos explicativos.

A análise dos elementos do processo vivenciado por esse grupo de alunos do Terceiro Ano do Ensino Médio mostra a contribuição de cada um deles para o desenvolvimento das ideias e dos modelos explicativos propostos, com o objetivo de compreender o equilíbrio químico.

Observamos que as ideias precursoras se formaram a partir das evidências empíricas dos fenômenos escolhidos – associados à mudança de cor dos sistemas. Essa evidência física foi explorada, inicialmente, somente no campo das concepções macroscópicas, mas as discussões das propostas em grupo, e posteriormente com os outros colegas da turma, permitiram a reorganização das ideias, reformulações dos modelos ou até mesmo a sua substituição. Também as discussões de cada fenômeno, separadamente, possibilitaram a incorporação de novos atributos ao modelo consensual proposto ao final do segundo encontro.

A forma como o processo foi conduzido e os questionamentos docentes foram fundamentais para o desenvolvimento dos modelos apresentados pelos alunos, pois permitiram integrar conceitos previamente estudados, propor e testar hipóteses, além da oportunidade de explicitar e defender suas concepções.

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.

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.

Outro fator que muito contribuiu para o bom desenvolvimento da estratégia de ensino-aprendizagem foram os momentos de socialização dos modelos com a turma, visto que este processo permitiu a discussão das concepções de forma mais ampla e integradora. Os alunos compartilharam hipóteses, dúvidas e soluções, em uma relação dinâmica e respeitosa.

As discussões calorosas, principalmente no segundo encontro, permitiram a elaboração do primeiro modelo consensual para o equilíbrio químico. Porém, este modelo não contemplava todos os atributos de um sistema em equilíbrio. Por meio das discussões, recapitulações das ideias e integração de novos atributos levantados pelos próprios alunos, foi possível chegar a um modelo concreto para sistemas em equilíbrio e aqueles atributos que não eram passíveis de representar em um modelo concreto foram acrescentados de forma escrita.

Esse processo permitiu explorar, em termos qualitativos, a dinamicidade das reações de sistemas em equilíbrio químico; a coexistência de reagentes e produtos; a permanência das quantidades das espécies em equilíbrio, o fato de serem constantes não necessariamente iguais; além da alteração de sistemas em equilíbrio por um fator externo e sua recorrência a um novo equilíbrio – deslocamento.

A maior dificuldade apresentada pelos alunos, na compreensão do equilíbrio químico, relacionou-se à arraigada concepção da unilateralidade da reação. Apesar de os alunos terem apresentado clareza no entendimento da coexistência de reagentes e produtos, observamos na avaliação final uma contradição entre os desenhos e as explicações atribuídas aos fenômenos. As representações – desenhos – ilustravam reagentes em um compartimento e produtos em outro. Um aluno chegou a ilustrar a compartimentalização e entre os desenhos utilizou a seta

dupla, demonstrando um conflito de ideias, no qual a visão da reação se processando por completo coexiste com a da reação reversível.

No último encontro, marcado para discutirmos a avaliação e a estratégia de ensino-aprendizagem desenvolvida, os alunos afirmaram que a maior dificuldade encontrada por eles ao longo do processo foi a elaboração dos modelos. Isso pôde ser observado na análise das avaliações, visto que muitos desenhos contradiziam as explicações atribuídas aos fenômenos.

Ilustrando as situações narradas acima, segue a afirmação de um dos participantes do processo no último encontro:

A: As moléculas coexistem, então, têm que ser representadas as duas espécies no mesmo balão. Como eu não pensei nisso antes?

Como a estratégia foi desenvolvida no final do ano letivo, e nesse encontro contávamos somente com oito alunos, discutimos essas dificuldades e pedimos que reelaborassem seus modelos, o que foi muito gratificante, pois pudemos observar, nesses alunos, um olhar diferente sobre os processos de elaboração de modelos como ferramentas de auxílio na compreensão do mundo da Ciência, principalmente no entendimento do equilíbrio químico. Infelizmente, não tivemos a oportunidade de discutir essa deficiência com os demais participantes, mas observamos que esse grupo refletia as dificuldades de muitos outros alunos – o que pôde ser verificado ao longo de todo o processo, tanto nos desenhos expressos nas atividades, quanto nos socializados no quadro.

Atribuímos essa dificuldade dos alunos em expressar seus modelos à ausência de atividades que contemplem o uso de modelos e processos de modelagem no entendimento da Ciência, assim como à abordagem de ênfase

positivista no ensino, ainda praticada por muitos professores, que contempla o uso irrefletido e dogmático de regras e teorias.

Porém, com o desenvolvimento da estratégia, observamos a desenvoltura dos alunos na elaboração dos modelos. Eles foram capazes de formular, testar, modificar ou substituir os modelos propostos, refinando-os em busca de um modelo consensual quimicamente aceito, demonstrando compreensão do processo de modelagem. Assim, mesmo que não tenha sido verbalizado explicitamente por todos os alunos, podemos considerar que a compreensão de tal processo contribuiu para um entendimento mais amplo do processo de construção do conhecimento científico.

Também, por meio dos vários momentos de mediação e socialização das concepções, foi possível verificar a capacidade dos alunos em conectar conceitos, tecendo uma rede organizada de ideias que lhes permitia propor explicações coerentes não só para as situações propostas, mas, também, na resolução de outras questões, levando-nos a crer que contribuimos para o desenvolvimento de um perfil conceitual por parte dos estudantes acerca dos conceitos relacionados ao equilíbrio químico.

Assim, analisando todo o processo de ensino vivenciado por alunos e professora, no desenvolvimento de construtos para auxiliar o entendimento do equilíbrio químico e conceitos a ele associados, foi possível observar como cada um dos elementos do processo (levantamento de concepções prévias, discussão das hipóteses, socialização dos modelos, construção/reconstrução dos modelos, entre outros) contribuiu para promover um conhecimento mais amplo dos aspectos qualitativos de sistemas em equilíbrio químico.

Acreditamos, após análise detalhada de vários aspectos da estratégia aplicada, ter contribuído no processo de desenvolvimento da autonomia desses

estudantes, buscando promover a sua *curiosidade epistemológica*, apresentando situações-problema presentes em seu cotidiano, que passaram a fazer sentido para eles, após tantos momentos dialógicos, e utilizando processos de modelagem, os quais atribuem o caráter dinâmico à Ciência, em especial à Química, permitindo uma compreensão mais ampla do objeto de estudo.

Nesse sentido, observamos que, no ensino de Química, urgem estratégias que privilegiem a dialogicidade, o respeito ao aluno e às suas ideias, que estimulem a curiosidade, a liberdade, a tomada de decisões conscientes, enfim, a autonomia dos educandos, resgatando-os com o pensamento centrado na busca pelo conhecimento. Para isso, precisamos, nós professores, assumir nosso papel diante desse cenário, sendo coerentes e éticos em nossa prática, buscando superar nossas limitações e as condições adversas a que somos submetidos e a que nos submetemos no ambiente escolar, em prol de um processo ensino-aprendizagem mais justo e emancipatório.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em nossa pesquisa, buscamos investigar as principais lacunas apresentadas pelos alunos, no processo ensino-aprendizagem de conceitos, com foco no ensino de Equilíbrio Químico, e como o uso de modelos e das concepções a eles associadas, podem auxiliar na superação de tais lacunas.

Os dados obtidos durante o desenvolvimento da pesquisa e por nós interpretados ao longo desse trabalho traçam um panorama real de nossas salas de aula, em que alunos, acostumados à abordagem de ênfase positivista no ensino, sendo meros receptores, apresentam dificuldades em organizar e manifestar suas ideias, com clareza, acerca dos fenômenos ocorridos no mundo microscópico, ou, segundo Souza (2007), dificuldades na construção de um *pensamento químico*. No entanto, quando estimulados e valorizados, demonstram-se participativos, entusiasmados e curiosos, conseguem superar grande parte de suas limitações, buscando o conhecimento de forma investigativa e integradora.

Observamos que a partir do segundo encontro os alunos se empenharam e valorizaram melhor a estratégia de ensino, por compreender que o foco do trabalho era justamente entender como eles percebiam e interpretavam os fenômenos apresentados, em nível submicroscópico.

Percebendo-se como peças fundamentais, os alunos 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.

A maneira como foi conduzida a estratégia de ensino encorajou os estudantes a desenvolver 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).

Além do exposto, o processo de modelagem permite a proposição de vários modelos para explicar o mesmo fenômeno (FERREIRA, 2006). O que observamos, ao longo da investigação, foi que os modelos foram elaborados a partir das concepções prévias dos estudantes, privilegiando aquilo que julgaram mais importante na explicação dos fenômenos. Assim, os modelos distintos destacavam diferentes aspectos relevantes que se agregaram na construção do modelo consensual.

A análise dos dados da presente estratégia, organizada a partir de processos de modelagem, aponta que a aprendizagem ocorre de forma mais efetiva quando se constroem e se manipulam modelos, superando aquela em que os modelos são somente observados, corroborando com o observado por Vosniadou (2002).

Outro fator que contribuiu para o bom desenvolvimento da estratégia foram os questionamentos, tanto dos alunos quanto, e principalmente, da professora, aspecto que pode ser claramente observado na descrição dos encontros. Esses 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.

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.

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 das velocidades 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

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**. Rio de Janeiro: Contraponto, 2005.

BANERJEE, A. C. Misconceptions of students and teachers in chemical equilibrium. **International Journal of Science Education**, v. 13, n. 4, p. 487-497, 1991.

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

BERGQUIST, W.; HEIKKINEM, H. Student ideas regarding chemical equilibrium. **Journal of Chemical Education**, v. 67, p. 1000-1003, 1990.

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.

CALDEIRA, A. M. S. **La práctica docente cotidiana de una maestra y el proceso de apropiación y construcción de su saber**. Barcelona: Universidade de Barcelona, 1993. 347 p. (Tese de doutorado).

CANDAU, V. M. F. (Coord.). **Novos rumos da licenciatura**. Brasília: INEP; Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica, 1987.

CAROBIN, C.; SERRANO, A. Uma revisão das concepções alternativas em Equilíbrio Químico dentro do enfoque dos diferentes níveis de representação, p. 131-147. **Acta Scientiae**, v.9, n.2, jul./dez. 2007

COHEN, L.; MANION, L.; MORRISON, K. **Research Methods in Education**, 5th Ed., London: Routledge Falmer, 2000.

CUNHA, A. M. O; KRASILCHIK M. **A formação continuada de professores de ciências**: percepções a partir de uma experiência. 1999. Disponível em: <<http://168.96.200.17/ar/libros/anped/0812T.pdf>>. Acesso em 9 agosto 2009.

FABIÃO, L. S.; DUARTE, M. C. Dificuldades de produção e exploração de analogias: um estudo no tema equilíbrio químico com alunos/professores de ciências. **Revista Eletrônica de Enseñanza de Las Ciencias**, v. 4, n. 1, Artigo 6, 2005. Disponível em: <<http://www.saum.uvigo.es/reec>>. Acesso em 30 maio 2010.

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.

FURIÓ, C.; ORTIZ, E. Persistencia de errores conceptuales en el estudio del equilibrio químico. **Enseñanza de las Ciencias**, p. 15-20, 1983.

FURIÓ, C. et alii. Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los procesos químicos. **Educación Química**, v. 11, n. 3, p. 300-308, 2000.

GABEL, D.L. The complexity of chemistry and implications for teaching. In: FURIÓ, C.; FURIÓ, C. Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los procesos químicos. **Educación Química**, v. 11, n. 3, p. 300-308, 2000.

GABEL, D. L.; SAMUEL, K. V. Understanding the particulate nature of matter. **Journal of Chemical Education**, v. 64, n. 8, p. 695-697, 1987.

GARNETT, P. et alii. Students' alternative conceptions in chemistry: a review of research and implications for teaching and learning. **Studies in Science Education**. v.25, pp.69-95, 1995.

GAUCHE, R. et alii. Formação de Professores de Química: Concepções e Proposições. **Química Nova na Escola**, n. 27, p. 26-29, 2008.

GAUCHE, R. **Contribuição para uma análise psicológica do processo de constituição da autonomia do professor**. 2001. 221 p. Tese de Doutorado em Psicologia, na área de Desenvolvimento Humano no Contexto Sociocultural. UnB, Brasília.

GIERE, R. **Explaining Science**. Chicago: University of Chicago Press, 1988.

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.; RUTHERFORD, M. Explanations with Models in Science Education, Part 1: horses for courses? **International Journal of Science Education**, 22, p. 1-11, 1998.

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.

GORODETSKY, M.; GUSSARSKY, E. On the concept "chemical equilibrium": The Associative Framework. **Journal of research in science teaching**, v.127(3), pp.197-204, 1990.

GRABAUSKA, C. J.; BASTOS, F. P.; Investigação-ação educacional: possibilidade crítica e emancipatórias na prática educativa. In: MION, R. A.; SAITO, C. H. (Org.). **Investigação-ação: Mudando o Trabalho de Formar Professores**. Ponta Grossa: Planeta, 2001.

HACKLING, M. W.; GARNETT, P. J. Misconceptions of Chemical Equilibrium. **European Journal of Science Education**. v.7(2), pp.205- 214, 1985.

HILDEBRAND, J. Catalyzing the approach to equilibrium. **Journal of Chemical Education**, 23(12), 589-592, 1946.

JOHNSTONE, A. H. et alii. Chemical equilibrium and its conceptual difficulties. **Education in Chemistry**, n. 14, p. 169-171, 1977.

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.

_____. (2002a). Modelling, teachers' views on the nature of modelling, implications for the education of modellers. **International Journal of Science Education**, 24, 369-387.

JUSTI, R.; GILBERT, J. K. Models and Modelling in chemical education. In J. Gilbert, O. de Jong, R. Justi, J van Driel e D. Treagust (Eds.) **Chemical Education towards Research-based Practice**. (pp 47-68) Dordrecht: Kluwer, 2003.

JUSTI, R.; SOUZA, 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.

LEDERMAN, N. (1992). Students' and Teachers' conceptions of the nature of science: a review of the literature. **Journal of Research in Science Teaching**, 29, 331-359.

LEMES, A. F. G; SOUZA, K. A. F. D.; CARDOSO, A. A. Representações para o Processo de Dissolução em Livros Didáticos de Química: o Caso do PNLEM. **Química Nova na Escola**, Vol. 32, n. 3, p. 184-190, 2010.

LYTHCOTT, J. Problem solving and requisite knowledge of chemistry. **Journal of Chemical Education**, v. 67, n. 3, p. 249-252, 1990.

LOPES, A. C. Bachelard: o filósofo da desilusão. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 13, n. 3, p. 248-273, 1996.

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.

MAGNANI, L., NERSESSIAN, N., THAGARD, P. (eds.) (1999). **Model-based reasoning in scientific discovery**. New York: Kluwer and Plenum.

MALDANER, O. A. Concepções epistemológicas no ensino de ciências. In: SCHNETZLER, R. P.; ARAGÃO, R. M. R. (Org.) **Ensino de ciências: fundamentos e abordagens**. Campinas: Vieira, 2000, 182p.

_____. A. **A formação inicial e continuada de professores de química**. 2. ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2003.

MASKILL, R.; CACHAPUZ, A. F. C. Learning about the chemistry topic of equilibrium: the use of word association tests to detect developing conceptualizations. **International Journal of Science Education**, v. 11, n. 1, p. 57-69, 1989.

MATOS, M. S.; CARMONA, J. O. Z.; PÉREZ, G. P. T. Modelização do Conceito de Equilíbrio Químico a partir da História da Ciência, **XIV Encontro Nacional de Ensino de Química**. UFPR, 21 a 24 de julho de 2008. Curitiba/PR.

MONCALEANO, H. et alii. Comprensión de equilibrio químico y dificultades en su aprendizaje. **Enseñanza de las Ciencias**, número extra, p. 111-118, 2003.

MOREIRA, M. A. Modelos mentais. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 1, n. 3, 1996. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>>. Acesso em: 17 maio 2009.

MORGAN, M. S., MORRISON, M. (eds.) (1999). **Models as Mediators**. Cambridge: Cambridge University Press.

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

NAKHLEH, M. B. Are our students conceptual thinkers or algorithmic problem solvers? **Journal of Chemical Education**, v. 70, n. 1, p. 52-55, 1993.

NEVES, J. L. Pesquisa qualitativa: características, usos e possibilidades. **Caderno de Pesquisas em Administração**, v. 1, n. 3, p. 1-5, 1996.

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.

PIAGET, J. **Biologia e conhecimento**. Petrópolis: Vozes, 1973.

PIETROCOLA, M. Construção e realidade: o realismo científico de Mário Bunge e o ensino de ciências através de modelos. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 4, n. 3, dez. 1999. Disponível em <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>>. Acesso em: 9 agosto 2009.

PRYPSZTEJN, H. E.; NEGRI, R. M. An Experiment of Photocromism and Kinetics for Undergraduate Laboratory. **Journal of Chemical Education**, Vol. 78, n. 5, May, p. 645-648, 2001.

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.

QUÍLEZ, J. P.; SANJOSÉ, L. Errores conceptuales en el estudio del equilibrio químico: nuevas aportaciones relacionadas con la incorrecta aplicación del principio de Le Chatelier. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 13, n. 1, p. 72-80, 1995.

QUÍLEZ, J. P.; SOLAZ, J. J.; CASTELLÓ, M.; SANJOSÉ, V. La necesidad de um cambio metodológico en la enseñanza del equilibrio químico: limitaciones del principio de Le Chatelier. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 11, n. 3, p. 281-288, 1993.

SANGER, M. J. Using particulate drawings to determine and improve students' conceptions of pure substances and mixtures. **Journal of Chemical Education**, Vol. 77, n. 6, p. 762-766, 2000.

SCHNETZLER, R. P. Pesquisa em Ensino de Química no Brasil: Conquistas e Perspectivas. **Química Nova**, v. 25, suplemento 1, p. 14-24, 2002.

SILVA, A. J., **Aprendizagem cooperativa no Estudo da Química: uma proposta de abordagem em sala de aula**. 2007. 264 p. Dissertação de Mestrado. Instituto de Química, Universidade de Brasília.

SMITH, K. J.; METZ, P. A. Evaluating student understanding of solution chemistry through microscopic representation. **Journal of Chemical Education**, v. 73, n. 3, p. 233-235, 1996.

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.

_____. Estudo sobre modelos mentais: a utilização de desenhos na avaliação da aprendizagem de conceitos científicos. **Anais da 29.^a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química**. Águas de Lindóia, 2006.

SOUZA, K. A. F. D. **O ensino universitário de Química em descompasso: dificuldades de futuros professores na construção do pensamento químico**. 2007. 128 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Instituto de Química de Araraquara, Universidade Estadual Paulista.

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

VAN DRIEL, K. H. Developing secondary student's conceptions of chemical reactions: the introduction of chemical equilibrium. **International Journal of Science Education**, v. 20(4), pp. 379-392, 1998.

VAN DRIEL, K. H.; GRABER, W. The Teaching and Learning of Chemical Equilibrium. In Gilbert, J.K., de Jong, O., Justi, R., Treagust, D.F., van Driel, J.H. (Eds) *Chemical Education: Towards Research-based Practice*. Dordrecht: Kluwer, p. 271-292, 2003.

VÁSQUEZ, T. et alii. Estrategia didáctica para vincular distintos niveles de conceptualización: estudio de um caso (parte 1). **Educación Química**, v. 12, n. 3, p. 149-157, 2001.

VIANA, A. P. P. (2001), **Visão de Professores sobre Natureza, Produção e Usos de Modelos em Ciências e no Ensino de Ciências**. 2001. 28 f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Química – Licenciatura), Universidade Federal de Minas Gerais.

VOSNIADOU, S. Mental Models in Conceptual Development. Em: Mangani, L. e Nersessian, N.J. (Eds.). **Model Based Reasoning: Science, Technology, Values**. New York: Kluwer/Plenum, p. 353-368, 2002.

WHEELER, A. E.; KASS, H. Student misconceptions in chemical equilibrium. **Science Education**, v. 62, n. 2, p. 223-232, 1978.

YARROCH, W. L. Student understanding of chemical equation balancing. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 22, n. 5, p. 449-459, 1985.

ZACHARIAS, V. L. C. *Teoria de Vygotsky e ação docente*. 2007. Disponível em: <http://www.centrorefeducacional.com.br/vyacdocen.htm>. Acesso em 20 ago. 2009.

APÊNDICES

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 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

APÊNDICE D

[Texto de Apoio a Professores – Proposição]



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

INTRODUÇÃO	121
CONHECENDO UM POUCO MAIS SOBRE MODELOS	127
ENTENDENDO UM POUCO MAIS SOBRE EQUILÍBRIO QUÍMICO	130
A INTERFACE ENTRE MODELOS E O EQUILÍBRIO QUÍMICO	132
O CONTEXTO DA PESQUISA	134
DELINEAMENTO METODOLÓGICO	136
EM BUSCA DE UM MODELO SUBMICROSCÓPICO – UM EXEMPLO DE MEDIAÇÃO	147
ANALISANDO O PROCESSO VIVENCIADO E A IMPORTÂNCIA DE CADA ETAPA	158
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	162
APÊNDICES	164
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”⁹. Também utilizamos artigos e dissertações de

⁹ 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 contribuir 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).

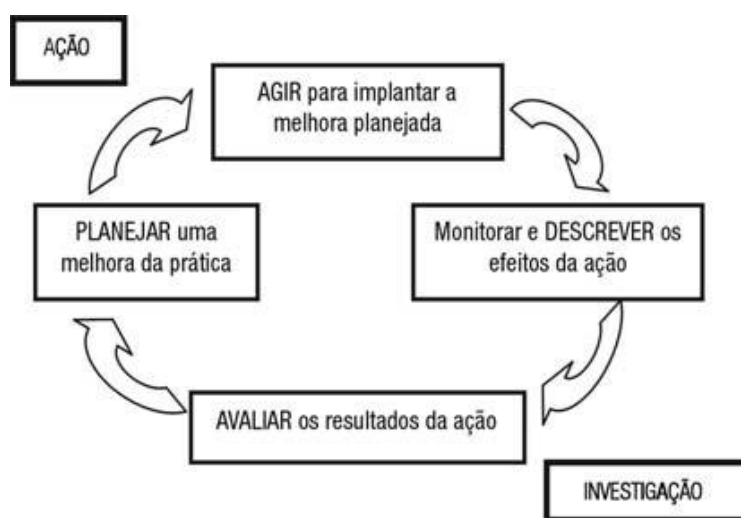


Figura 1: Representação em quatro fases do ciclo-básico da investigação-ação (TRIPP, 2005).

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 discutí-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.

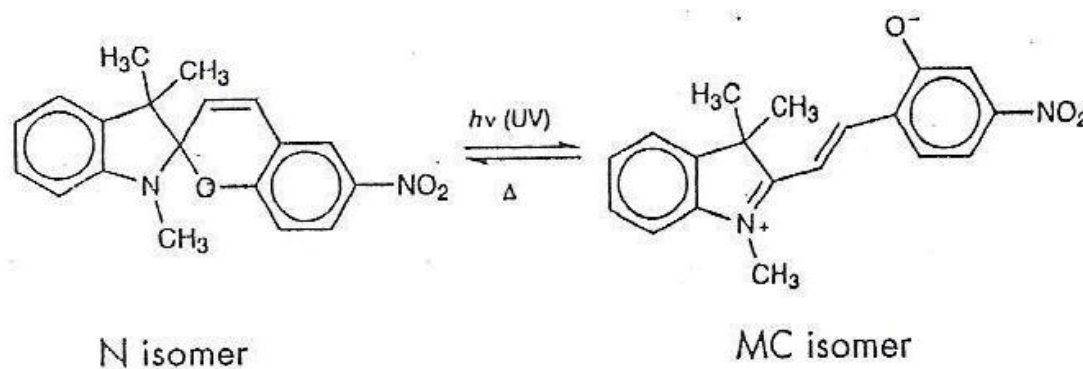


Figura 2: Reação do equilíbrio entre o 6-nitro-BIPS (isômero N) que se converte no 6-nitro-BIPS (isômero MC).

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 camurçado 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.

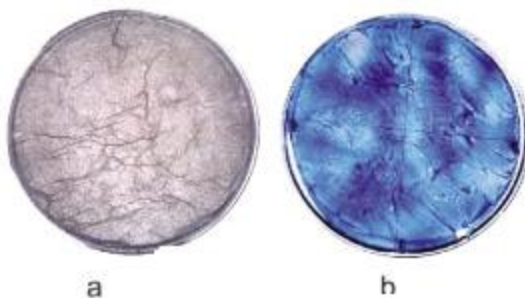
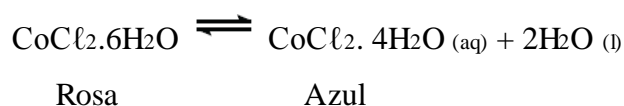


Figura 3: Deslocamento do equilíbrio químico $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} / \text{CoCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$: (a) sob hidratação, maior concentração de $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$; (b) após secagem, maior concentração de $\text{CoCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (<www.scielo.br/img/revistas/qn/v27n6/22294f4.jpg>).



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:

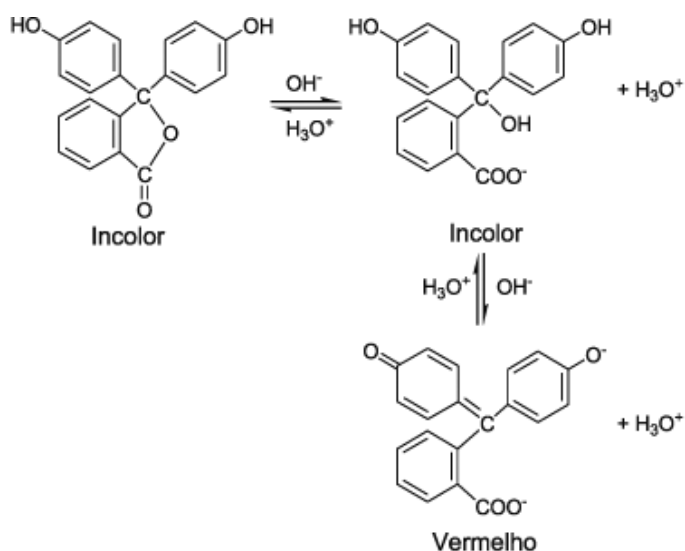


Figura 4: Fórmula Estrutural da fenolftaleína (OSAWA; GONÇALVES, 2006, p. 594).

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 MEDIÇÃO

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_A: *O polímero, que será o reagente, reagirá com os raios UV, produzindo uma substância que faz as lentes escurecerem.*

A2_A: *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_A: *Elas se agitam e se reorganizam.*

A3_A: *Tem quebra de ligação e formação de outras.*

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

A1_A: *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.

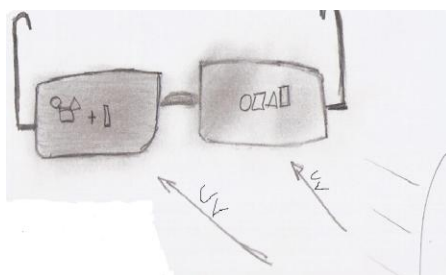


Figura 5: Modelos apresentados pelo grupo A

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

E_C: 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_C: Principalmente dipolo induzido.

P: São interações fortes?

A2_C: 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_C: Não.

A2_C: 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_C: 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_C: 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.

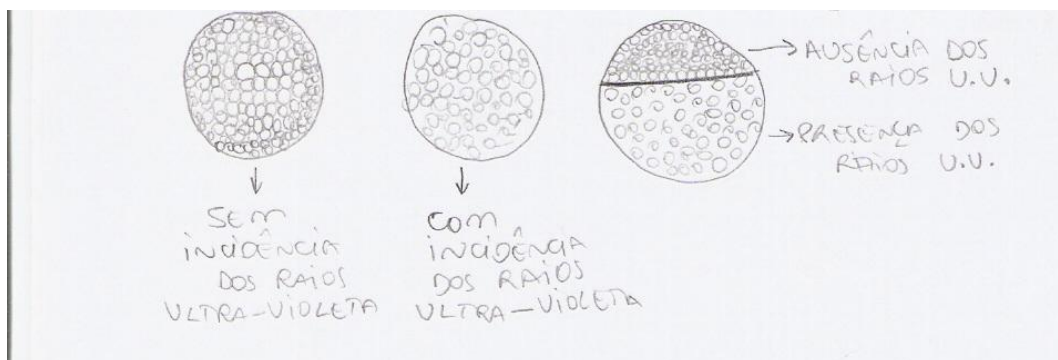


Figura 6: Desenhos apresentados pelos alunos Grupo C.

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_H: 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_C: 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_D: *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_D: *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_C: *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_C: *Se o material tiver na presença da radiação, forma a substância escura e se a radiação for retirada, volta a substância inicial.*

A_A: *O processo é reverso.*

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

A_A: *O processo é reversível, porque, dependendo do meio, favorece a formação de uma das substâncias, ou o reagente ou o produto.*

A_C: *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_C: *Vai haver uma nova reorganização dos átomos, voltando à substância inicial.*

A_A: *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_D: *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_H: *Não, quando existe uma, não existe a outra.*

A1_A: *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_H: *Não, é gradual.*

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

A1_H: *Que uma vai se transformando na outra.*

A1_C: *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_C: *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_H: *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_H: *Que as duas existem.*

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

A1_H: *A escura.*

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

A1_H: *Volta a aparecer a substância clara.*

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

A4_C: *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_C: *Existem ao mesmo tempo, no processo uma vai se transformando na outra. (referindo-se às moléculas de reagentes e produtos)*

A1_H: *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_C: *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_C: *Pode ser.*

A4_C: *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.

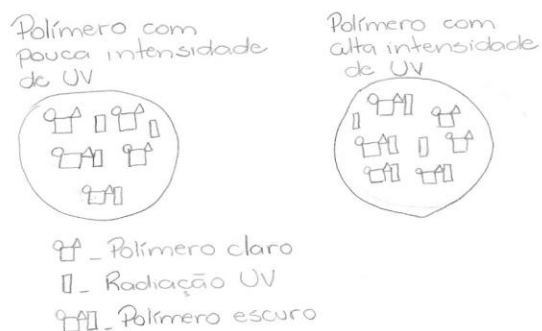


Figura 7: Modelo consensual proposto ao final do 2.º encontro.

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)

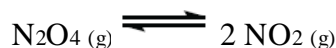
Apêndice C – Atividade 3

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 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