

A UTILIZAÇÃO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS INVESTIGATIVAS E O USO DE REPRESENTAÇÕES NO ENSINO DE CINÉTICA QUÍMICA

The use of investigative and experimental activities using representations in teaching chemical kinetics

Natany Dayani de Souza Assai [natanyassai@gmail.com]

Universidade Estadual de Londrina - UEL

Rodovia Celso Garcia Cid, Km 380, s/n - Campus Universitário, Londrina, Paraná, Brasil

Leila Inês Follmann Freire [leilaillefreire@msn.com]

Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG

R Carlos Cavalcanti, 4748, Ponta Grossa, Paraná, Brasil.

Resumo

Baseado na dificuldade dos alunos compreenderem que a velocidade de uma reação pode ser influenciada por diversos fatores além do que são capazes de visualizar, se limitando a desenhar o aspecto macroscópico dos sistemas; apresentamos neste artigo, a proposição, o desenvolvimento e análise de uma sequência didática fundamentada em atividades experimentais investigativas e no uso de representações para o conceito de Cinética Química. A coleta de dados foi realizada com 58 alunos do 2º ano do Ensino Médio de um colégio público da cidade de Ponta Grossa, localizada no interior do Paraná. Os resultados desta pesquisa mostraram que o ensino por investigação e a construção de modelos explicativos para a aprendizagem dos fatores que alteram a velocidade das reações utilizando diferentes abordagens metodológicas contribuíram para que os alunos conseguissem abstrair o nível representacional e microscópico na proposição de explicações para os fenômenos estudados.

Palavras-chave: Cinética Química, modelos mentais, sequência didática, ensino por investigação.

Abstract

Abstract: Based on the difficulty of the students to understand that the speed of a reaction can be influenced by several factors besides what they are able to visualize, limiting itself to drawing the macroscopic aspect of the systems; We present, in this article, the proposition, development and analysis of a didactic sequence based on investigative experimental activities and the use of representations for the concept of Chemical Kinetics. Data collection was performed with 58 high school students from a public school in the city of Ponta Grossa, located in the interior of Paraná State. The results of this research show that research teaching and the construction of explanatory models for the learning of factors that alter the speed of reactions using different methodological approaches contributed to the students being able to abstract the microscopic representational level in the proposition of explanations for the studied phenomena.

Keywords: chemical kinetics, mental models, instructional sequence, teaching by research.

Introdução

A Didática das Ciências constituiu-se como área de estudo entre os anos 80 e 90, pautada na reflexão crítica e pedagógica sobre as dificuldades, anseios, necessidades e especificidades do ensino da Ciência escolar. Como ensinar/ aprender Ciências nas escolas? As tendências de investigação desse campo de estudo são várias, a saber: concepções alternativas de alunos e proposição de modelos, tecnologias de informação e comunicação, questões curriculares e de avaliação, formação docente, atividades experimentais, propostas de metodologias de ensino, relações CTS, análise de materiais didáticos, analogias e concepções epistemológicas docentes.

Dado o crescimento e expansão da pesquisa em Ensino de Ciências, aumentam as discussões sobre a qualidade das investigações relacionadas à Educação em Ciências, especificamente do Ensino de Química. De acordo com Delizoicov (2011) as metodologias de ensino adotadas pelos professores de ciências têm papel fundamental em sala de aula, pois é a partir das mesmas que o professor intermediará os conhecimentos a seus alunos. Logo, o professor mantém uma busca incansável de novas metodologias que possam ser usadas para facilitar a compreensão desses novos conhecimentos.

As Diretrizes curriculares do estado do Paraná (DCE) propõem um ensino de Ciências baseado a partir da perspectiva da pluralidade metodológica, justificando que a utilização de uma única abordagem será insuficiente para que os processos de ensino e de aprendizagem se efetivem diariamente nas escolas, indicando variadas abordagens metodológicas possíveis de serem utilizadas: contextualização, História e Filosofia da Ciência experimentação e contextualização.

A atividade experimental é amplamente debatida como metodologia desde os anos 60. Entretanto o que se observa na realidade escolar ainda é a ausência quase total de experimentos que, quando realizados, limita-se a demonstrações que não envolvem a participação ativa do aluno, ou apenas os convidam a seguir um roteiro, sem levar em consideração o caráter investigativo e a relação entre o experimento e os conceitos. Para Giordan (2003), a experimentação desperta forte interesse entre os alunos proporcionando um caráter motivador, lúdico, essencialmente vinculado aos sentidos. As atividades experimentais possibilitam que o aluno construa seu conhecimento.

Contudo, as atividades experimentais, tanto no ensino médio como em muitas universidades, ainda são, muitas vezes, tratadas de forma acrítica e aproblemática. Ocorre um distanciamento entre a teoria e a experimentação, fazendo com que os professores a tratem de forma intuitiva e genérica não proporcionando o ensino e aprendizagem significativos para o aprendiz. Oliveira (2010 apud ARAÚJO e ABIB, 2003) classifica os tipos de atividades experimentais em atividades de verificação, atividades de demonstração e atividades de investigação.

Muitas atividades experimentais ainda são desenvolvidas e executadas em sala de aula com o objetivo de motivar o aluno ou, simplesmente, comprovar fatos e teorias previamente estudados, constituindo atividades de verificação e demonstração. Porém, as pesquisas têm evidenciado que atividades pautadas nestas concepções são deficientes no que se refere à aprendizagem do aluno. Marcondes e Suart (2009) propõem duas explicações que podem ser dadas para a ineficácia das atividades experimentais ao tratar das habilidades cognitivas manifestadas em atividades investigativas. A primeira se refere ao tempo que os estudantes perdem determinando se o resultado obtido é o correto, em detrimento ao planejamento e organização dos experimentos. Segundo, o plano de laboratório das atividades tradicionais facilita a aprendizagem mecânica, ou seja, não estimula o raciocínio e desenvolvimento cognitivo.

O trabalho experimental deve estimular o desenvolvimento conceitual, fazendo com que os estudantes explorem, elaborem e supervisionem suas ideias, comparando-as com a ideia científica,

pois só assim elas terão papel importante no desenvolvimento cognitivo. Estudos mostram que os estudantes desenvolvem melhor sua compreensão conceitual e aprendem mais acerca da natureza da ciência quando participam de investigações científicas, onde haja suficiente oportunidade e apoio para reflexão, ou seja, a experimentação não pode ser meramente ilustrativa, ou para apenas para confirmar a teoria.

Quando deixamos de enfatizar a participação do aluno em algum experimento, acabamos descaracterizando e deixando de explorar um caráter importante da experimentação no que se refere à compreensão de que as atividades experimentais investigativas podem auxiliar na formação de conceitos, fomentar o desenvolvimento cognitivo do aluno e podem criar um ambiente favorável à aprendizagem pelas interações professor-aluno e aluno-aluno.

Marcondes e Stuart (2009) também citam a intensificação de pesquisas que procuram metodologias que priorizem a participação ativa do aluno no processo de aprendizagem. Assim, com relação à experimentação, o aluno, segundo tais concepções, precisa estar diante de um problema e tentar solucioná-lo, mas, sempre com o auxílio do professor.

Mas, serão as atividades investigativas suficientes para promover uma aprendizagem significativa? Muitas vezes, os alunos não conseguem sequer escrever ou expressar o que observaram nas atividades experimentais utilizando os termos químicos adequados. Johnstone (apud ROSA e SCHNETZLER, 1998, p.33-34) aponta a existência de três níveis do conhecimento químico, a saber:

Nível descritivo e funcional (*macroscópico*): é o campo onde se pode ver e manusear materiais, analisar e descrever as propriedades das substâncias em termos de densidade, ponto de fusão etc. e observar e descrever suas transformações.

Nível simbólico (*representacional*): é o campo onde representamos substâncias químicas por fórmulas e suas transformações por equações. É a linguagem sofisticada do conhecimento químico.

Nível explicativo (*microscópico*): é o nível onde invocamos átomos, moléculas, íons, estruturas, que nos dão um quadro mental para racionalizar o nível descritivo mencionado acima. (p.33 - 34)

Notadamente, os alunos não conseguem relacionar explicações em nível microscópico com a parte macroscópica da Química, se importando apenas nos aspectos observáveis do fenômeno visualizado, o que não é suficiente para a aprendizagem dos conceitos químicos. Einsenberg (2007) constata esse fato de os estudantes expressarem ideias pautadas em aspectos macroscópicos, revelando um fraco entendimento do modelo da constituição da matéria como um modelo mental explicativo para vários fenômenos abordados em Ciências. Segundo o autor, a ausência dessa representação do conceito “matéria” gera um grande problema para a compreensão de vários conceitos, como o de átomos e elementos químicos, conseqüentemente dificuldades em distinguir substâncias simples e compostas.

Outra grande dificuldade dos alunos do ensino médio é a compreensão dos conceitos que envolvem cinética. Dentre os conteúdos abordados em cinética química nos livros didáticos adotados no ensino médio está uma abordagem qualitativa das velocidades das reações, levando em consideração os fatores que as influenciam. Silva (2007) cita que a abordagem é feita apenas com dados experimentais passando a impressão de algo puramente empírico que não pode ser modelado teoricamente e/ou molecularmente. Percebe-se a falta de detalhes e exemplos quanto a quantificação desses conceitos, o que na maioria das vezes dificulta a aprendizagem.

Considerando a importância de os alunos compreenderem que a velocidade de uma reação pode ser influenciada por diversos fatores que não se limitam apenas ao que se pode ver, e ao constatar que, muitas vezes, não são capazes de elaborar um modelo explicativo, limitando-se a desenhar o

aspecto macroscópico dos sistemas, acreditamos que os alunos não conseguem abstrair o nível representacional microscópico na proposição de explicações. Essa ideia é ampliada por Nakhleh (apud ROSA e SCHNETZLER, 1998), ao afirmar que “se o(a) aluno(a) não souber como explicar a química utilizando-se de ferramentas ideacionais no nível microscópico, ele(a) efetivamente não aprendeu química”.

Norman (apud BORGES, 1997) define o modelo mental como um modelo que existe na mente de alguém, pois pensar envolve a criação e a internalização de modelos simplificados da realidade. Entretanto, o conceito não pode ser considerado como unitário. Ao contrário, diferentes limitações e pressupostos são impostos no significado do termo pelas diversas comunidades que o empregam. Os modelos mentais são usados para caracterizar as formas pelas quais as pessoas compreendem os sistemas físicos com os quais interagem. Eles servem para explicar o comportamento do sistema, fazer previsões, localizar falhas e atribuir causalidade aos eventos.

Cirino (2009) cita alguns trabalhos relacionados ao ensino de “*Cinética Química*” no Ensino Médio, como o de Justi e Ruas (1997) acerca da representação submicroscópica do modelo cinético em que verificam o nível de elaboração conceitual e de construção de modelos acerca da Teoria das Colisões, ou até mesmo o trabalho de Beltran (1997), com alunos da terceira série do Ensino Médio de uma escola pública de São Paulo, sobre a utilização da teoria das colisões, que trouxe resultados apontando para uma concepção de “simultaneidade” e “sincronia” no comportamento das partículas que participam de uma reação química.

Já os resultados da pesquisa de Rosa e Schnetzler (1998), sobre concepções dos alunos acerca das transformações químicas apontam para determinados obstáculos, como as concepções prévias, no que diz respeito à interpretação submicroscópica das reações químicas. Segundo essas pesquisadoras, poucos estudantes de Ensino Médio empregam os conceitos de átomos e moléculas em seus raciocínios sobre reação e Cinética Química. Há grande dificuldade por parte dos alunos extrapolarem o nível fenomenológico, ou seja diferenciar as propriedades macro e microscópico para um mesmo modelo que explique determinado conceito químico.

Clement (2000) num texto que trata da aprendizagem baseada em modelos como um domínio de investigação para a educação científica, argumenta que alguns estudos têm discutido como o processo de modelização pode contribuir na construção do conhecimento por exemplo, Barab *et al.*, (2000), Vosniadou, (2002), Maia e Justi, (2009), mostrando que o envolvimento dos alunos em atividades de modelagem ajuda a promover um entendimento que vai além da memorização de fatos e informações e tende a favorecer o desenvolvimento de um conhecimento flexível e crítico que pode ser aplicado e transferido para diferentes situações e problemas.

As contribuições da introdução de estudantes em atividades de modelagem, referidas por Ferreira (2006), vão além da construção de conhecimentos específicos, ajudam o aluno a construir uma representação pessoal interna desses conhecimentos, o que constitui os seus modelos. Dessa maneira o aluno se torna sujeito ativo do seu próprio processo de construção do conhecimento, ao passo que começa a compreender como e por quê os constroem devido a reflexão crítica sobre o objeto/ tema em estudo.

Contudo, não é suficiente apenas construir os modelos, pois corre-se o risco da formulação de modelos inadequados, ou seja, que não correspondem a conceitos químicos adequados, ou com conceitos químicos rasos sem aprofundamento. É necessário que haja um segundo movimento, em que o modelo é externalizado, comunicado aos outros, para ser trabalhado e se tornar um modelo expresso. Ferreira (2006, p.8) ao tratar sobre a externalização do modelo construído:

Isso se dá através de descrição escrita, descrição oral, fórmulas, analogias, desenhos ou outra forma de representação. Esse modelo expresso pode, então, ser trabalhado

individual ou coletivamente. O processo de construção social desse modelo também faz parte de vários estudos, (...) Muitas vezes o problema não reside no modelo em si, mas na adequação de seu emprego ou na ausência de discussões que estabeleça suas aplicações e limitações (p.8).

Os modelos cinéticos utilizados para a descrição das reações são significativos, pois permitem descrever qualitativa e quantitativamente os processos de combinações e rearranjos dos átomos nas transformações químicas. Porém, Silva (2007) fala sobre a fragmentação da descrição teórica e molecular das reações químicas quando se trata do ensino no nível médio, de maneira que os alunos não conseguem construir modelos que articulem as duas dimensões, compreendo como uma situação unívoca.

Diante disso, nos perguntamos: Como nós professores conseguimos avaliar se os alunos conseguiram aprender os conhecimentos químicos de maneira adequada, transpondo o macroscópico para o microscópico, se cada aluno formula seu próprio modelo, inerente ao seu processo cognitivo, utilizando formas distintas de se expressar?

Nesse sentido, compreendendo a construção de modelos para o conceito de Cinética Química, mais especificamente para os fatores que alteram a velocidade as reações, procuramos utilizar a representação de desenhos explicativos de maneira coletiva para articular a representação das reações químicas, rearranjo de átomos e o fenômeno observado na atividade experimental investigativa sobre o tema proposto.

Logo, para este trabalho apresentamos a proposição, o desenvolvimento e a análise de uma sequência didática baseada em atividades experimentais investigativas e no uso de representações para o conceito de Cinética Química. Também foram objetivos desta pesquisa: 1) desenvolver atividades experimentais sobre fatores que influenciam na velocidade das reações de forma investigativa; 2) propor aos alunos o uso de representações diferenciadas para expressar o que acontece em nível submicroscópico quando diferentes fatores influenciam na velocidade das reações químicas. Com isso, pretendemos responder à questão que motivou a pesquisa: Uma sequência didática apoiada em atividades experimentais investigativas e no uso de diferentes representações facilita a aprendizagem do conceito de Cinética Química?

Metodologia

Esta pesquisa foi realizada entre os meses de março e julho em um colégio da rede pública da cidade de Ponta Grossa, Paraná, com duas turmas de alunos do segundo ano do Ensino Médio, totalizando 58 alunos.

A sequência didática de acordo com Zabala (1998, p.18) constitui um “conjunto de atividade ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecido tanto pelos professores como pelos alunos.”

A sequência didática possui um caráter reflexivo pautada por três momentos de intervenção: planejamento, aplicação e avaliação. O planejamento foi realizado após o diagnóstico inicial e reconhecimento das turmas em que a sequência seria aplicada.

As turmas em que foram realizadas as pesquisas possuem perfis bem distintos. Uma turma é quieta, porém apática e desinteressada. Não incomoda, mas também dificilmente realiza as atividades solicitadas. A partir de agora chamaremos essa turma de A. Enquanto a outra turma, gosta de conversar e é mais ativa, que nomearemos B. Essa diferença de comportamento reflete diretamente no desempenho das turmas, que é melhor na turma B em relação à turma A. Em função disso,

preparou-se uma sequência didática para ser aplicada na turma A, buscando contribuir no seu processo de aprendizagem, utilizando o tema Cinética Química, visto as dificuldades da própria turma e do tema em questão.

A sequência de atividades propostas que foram aplicadas às duas turmas está organizada na Tabela 1, assim como os instrumentos avaliativos para cada etapa da sequência.

Tabela 1: Etapas da Sequência Didática elaborada para a pesquisa

ETAPA	Aula	Avaliação da Aprendizagem
1	Diagnóstico Inicial das Turmas	Questionário Inicial (Q1) e Observações
2	Aulas teóricas de conceitos básicos da Cinética Química	Exercícios
3	Atividade Experimental: (i) tradicional para turma B; (ii) investigativa para turma A	Relatório com formulação de modelos constituídos de desenhos explicativos dos fenômenos
4	Formulação, apresentação e reconstrução de modelos representacionais pelos alunos	Apresentações Oraís
5	Avaliação do tema estudado.	Prova Escrita (P1)
6	Feedback dos alunos	Questionário (Q2) Produção de textos livres (TL) sobre atividades realizadas ao longo da sequência

Os instrumentos de coleta de dados para pesquisa foram qualitativos e quantitativos. No questionário inicial (Q1) verificamos os conhecimentos prévios dos alunos sobre os fatores que influenciam na velocidade das reações. Com a prova escrita (P1) e o questionário final (Q2), buscou-se verificar a aprendizagem efetiva dos alunos e a evolução conceitual. As notas do primeiro e segundo bimestre, chamadas respectivamente de N1B e N2B das duas turmas, foram utilizadas para avaliar o desempenho das turmas nos bimestres. Além desses instrumentos foram utilizados os diários do professor (PÓRLAN e MARTIN, 1997) elaborados pela docente em suas aulas.

Utilizamos para *análise da aprendizagem e evolução dos conceitos* os dados coletados em P1, Q1 e Q2. Para verificar a *influência da atividade investigativa na aprendizagem* cruzaremos as notas de dois bimestres entre as turmas (N1B e N2B) comparando as turmas entre si.

Um estudo da evolução dos alunos quanto a construção de conceitos levando em consideração toda a sequência aplicada, feito com base nos diários de professor, nos textos livres (TL) dos alunos e nas notas dos bimestres N1B e N2B (em cada turma) fornecerá a(s) abordagem(ns) metodológica(s) que facilitou(aram) a aprendizagem desse grupo de alunos.

Foi utilizado, para análise da evolução de desempenho nas turmas com relação a utilização de atividades experimentais investigativas, uma comparação entre as notas N1B e N2B dos dois

bimestres e o resultado de P1 para investigar a influência da sequência aplicada quanto a aprendizagem. Para analisar a evolução conceitual utilizou-se os questionários Q1 e Q2.

Resultados

Inicialmente houve um diagnóstico das turmas por meio da observação do comportamento e desempenho nas diversas atividades que executavam em sala de aula, características e metodologias de professores, investigando sobre a forma preferencial de expressão dos alunos e seu desenvolvimento, com o objetivo de melhor preparar a sequência didática. Durante essa etapa os alunos responderam a um questionário com perguntas cotidianas que utilizavam conceitos relativos à cinética química e fatores que alteram a velocidade das reações, para apurar os conhecimentos prévios sobre os assuntos. Perguntas como “*Por que quando colocamos os alimentos na geladeira eles demoram mais a estragar?*” ou “*Por que panelas de pressão cozinham os alimentos mais rápido que outras panelas?*” fizeram parte do questionário. Nesse questionário também havia uma questão que perguntava sobre as formas de expressão preferidas pelos alunos (escrita, oral, teatro, outros) para realizar atividades.

Após as observações e realização do questionário inicial (Q1), foi preparada uma sequência didática para as duas turmas, enfocando a experimentação e a construção de modelos explicativos para auxiliar no processo de aprendizagem.

A sequência didática foi desenvolvida a partir de aulas introdutórias sobre conceitos básicos da Cinética Química, enfocando a Teoria das Colisões e fatores que alteram a velocidade das reações, seguida de atividades experimentais investigativas sobre os fatores que alteram a velocidade das reações.

Nas aulas teóricas introdutórias a ocorrência e a velocidade de reações químicas, bem como os fatores que as alteram, foram explicadas através da Teoria das Colisões, utilizando principalmente desenhos e figuras, na tentativa de visualizar a movimentação de moléculas e átomos num processo químico. Nessa etapa, também foi realizada uma dinâmica, que procurava simular de que maneira os átomos se chocavam. A ideia baseava-se na capacidade dos alunos de relacionar essas transformações moleculares com situações do cotidiano e conseguir construir modelos explicativos para tais situações, devido a dificuldade apresentada por Rosa e Schnetzler (1998). Todas as aulas da etapa 1 e 2 foram desenvolvidas de modo semelhante nas duas turmas. A partir daí a estratégia didática utilizada na condução das atividades foi diferente.

Na turma B a experimentação foi trabalhada de maneira tradicional, enquanto que na turma A as atividades experimentais foram investigativas de acordo com os perfis e comportamento das turmas. As atividades experimentais para ambas as turmas, foram preparadas com materiais de baixo custo e fácil acesso para os alunos (água oxigenada, batata, pastilhas efervescentes e berinjela), com o intuito de aproximar o conceito estudado com a realidade do aluno, além de despertar o interesse. A diferença, para a turma A, na atividade investigativa, foi na substituição do roteiro por problemas do cotidiano que os alunos deveriam resolver, e conseqüentemente, a condução da aula também foi diferente.

Os alunos das duas turmas deveriam preparar um relatório relativo aos fenômenos investigados na aula prática, registrando suas ideias e formulando seus modelos explicativos.

Por sorteio, cada grupo ficou responsável por apresentar para a turma um modelo que explicasse algum dos fatores que alteram a velocidade das reações (temperatura, superfície de contato, concentração dos reagentes, catalisadores e inibidores), através da forma de expressão escolhida por 65% dos alunos nos questionários iniciais (apresentações orais). Nesse momento houve o confronto dos modelos de representação de cada grupo para cada fator que influencia na velocidade das reações.

Isso gerou discussão sobre o entendimento que os alunos vinham tendo sobre os conceitos estudados. A importância do debate reside no fato de conhecermos os modelos dos alunos, oportunizar que tirem suas dúvidas, reconstruir conceitos errados e/ou incompletos e aprimorar ideias.

Também foi realizada uma avaliação escrita (P1) após o processo contemplando os aspectos abordados para verificar a aprendizagem. Por último, os alunos responderam a um questionário (Q2) que possuíam as mesmas perguntas de Q1, agora modificando o que achassem necessário e utilizando os conhecimentos construídos durante o processo, para que os mesmos pudessem avaliar sua evolução de aprendizado. O questionário (Q1 e Q2), assim como a avaliação escrita (P1) estão disponíveis nos apêndices.

Para a apresentação e análise dos resultados da pesquisa, organizamos este tópico em dois grandes blocos. No primeiro, discutiremos a evolução da aprendizagem dos conceitos relacionados aos fatores que influenciam a velocidade das reações químicas. No segundo bloco apontaremos a relação estabelecida pelos alunos com as metodologias propostas na sequência didática e faremos a análise da influência da atividade experimental investigativa na aprendizagem.

Sobre a aprendizagem dos fatores que alteram a velocidade das reações

Para a análise sobre o processo envolvido na aprendizagem dos conceitos relacionados aos fatores que influenciam a velocidade das reações, iniciaremos com as ideias prévias e finais dos alunos evidenciadas nos questionários inicial (Q1) e final (Q2), e faremos a análise da última avaliação do processo (P1) sobre os fatores que alteram a velocidade das reações (temperatura, catalisadores, superfície de contato, concentração e inibidores) assim como a construção de modelos explicativos pelos alunos sobre a Teoria das Colisões.

Diante da dificuldade dos alunos em relacionar os fatores que alteram a velocidade das reações com o processo de construção de representações microscópicas a partir da Teoria das Colisões, o trabalho em sala de aula foi desenvolvido considerando as reações, a movimentação de átomos e moléculas através de desenhos explicativos, exigindo que qualquer explicação, por parte dos alunos, acerca dos fatores fosse dada sob a ótica da Teoria das Colisões e não apenas macroscopicamente com o que foi visto no experimento (simplesmente responder “A velocidade aumenta” ou “a velocidade diminui”).

Numa questão de P1 os alunos deveriam representar molecularmente uma reação, utilizando a ideia de choques, rompimento e formação de novas ligações, com desenhos e explicações. Mais da metade da turma acertou a questão sobre a construção de modelos explicativos, tanto para a turma A como para a turma B, 60% e 67% respectivamente, conforme a Tabela 2. Mesmo que parcialmente (apenas com os desenhos sem escrever), deram a entender sua ideia da Teoria das Colisões, que coincidiu com a ideia proposta pela professora.

A tabela 2 mostra a porcentagem de acertos das questões de P1 direcionadas a cada fator estudado pelas turmas após a sequência ser aplicada.

Tabela 2: Porcentagem acertos questões de P1

Questões	Turma A	Turma B
	% acertos	% acertos
Modelização	60	67
Temperatura	67	85
Catalisador	43	48
Pressão	13	44
Sup. Contato	53	33
Concentração	43	73
Inibidor	80	67

Temperatura

Nos questionários iniciais, quando perguntados sobre o motivo de alimentos que estão na geladeira se conservarem por mais tempo, 55% dos alunos associou ao fato dos alimentos não estragarem na geladeira: “Os alimentos conservam melhor e mais tempo”, enquanto 45% citaram especificamente a palavra temperatura: “Com a baixa temperatura os alimentos não vão ficar em local quente onde podem estragar”. Entretanto, não conseguiram explicar além do senso comum ou dar maiores detalhes.

Na implementação de algumas atividades, incluindo as experimentais, os alunos já demonstravam que havia maior compreensão do fenômeno, de acordo com dados do diário de classe da professora.

Quando perguntado aos alunos de um grupo durante a atividade experimental, o motivo de um mesmo tamanho de pastilha efervescente dissolver em velocidades diferentes numa mesma quantidade de água, eles hesitaram e um aluno respondeu que era devido a temperatura apenas. Quando questionado sobre o que ocorria com as moléculas, eles conseguiram associar à frequência dos choques e colisões efetivas.

Como tentativa de privilegiar o entendimento e construção dos modelos acerca desse fator, a questão considerada na avaliação foi diretamente relacionada ao experimento.

O enunciado da questão 2 da Avaliação sob a perspectiva investigativa dizia: “Sobre o experimento que você realizou, responda: O que aconteceu quando foi colocada a pastilha de vitamina C, em água quente, fria e a temperatura ambiente? Qual foi a mais rápida? E a mais lenta? Por quê? Explique de acordo com a teoria das Colisões.”

Diante disso, o fator unânime em acertos em ambas as turmas foi a temperatura.

Concentração

A porcentagem do fator concentração na turma A foi 43% e na turma B esse percentual é de 73%, mostrando com clareza alguns aspectos da sequência, como a baixa porcentagem de acertos na

questão relacionada ao fator Concentração na turma A, em virtude de um problema com o reagente que dificultou a realização do experimento. A partir disso podemos inferir que a construção do conceito pode ser influenciada pelo experimento. Na turma B, que o experimento foi bem-sucedido, facilitou a construção dos modelos, a aprendizagem e um aumento considerável na porcentagem de acertos da turma.

Pressão

Ainda como exemplo da importância da experimentação e reconstrução de modelos, é possível citar a questão de Q1 sobre pressão que perguntava por que alimento na panela de pressão cozinham mais rápido.

3. É correto afirmar que as velocidades das reações dos compostos gasosos nos sistemas I e II, abaixo, são, respectivamente:

a) $A > B$ e $c > D$
 b) $A > B$ e $D > C$
 c) $A = B$ e $D > C$
 d) $B > A$ e $D > C$

A B C D

Figura 1: Questão 3 da P1

Nos questionários iniciais muitos alunos comentaram sobre a pressão na panela, mas sem a compreensão do fenômeno como um todo, enquanto reação entre moléculas, efetivação de choques, rompimento e formação de ligações, ou seja, sem a real construção de modelos explicativos, o que de acordo com Nakhleh (1992) aponta para o não entendimento do conhecimento.

Apenas explicado conceitualmente em aulas teóricas, a ausência de experimento com os alunos e debate nos trabalhos de apresentação, conferiu ao fator pressão um baixo desempenho na avaliação, tanto na turma A quanto na B (13% e 44%, respectivamente), mesmo a questão sendo de múltipla escolha, reafirmando, com isso, a importância da atividade experimental na aprendizagem dos alunos.

Superfície de Contato

No fator superfície de contato, foi nítida a evolução quanto aos conhecimentos prévios dos questionários iniciais. No Q1 perguntava-se por que para acender um fogão a lenha utilizamos inicialmente lascas de lenha e só depois colocamos as toras.

Para responder os questionários iniciais, muitos se mostraram em dúvidas e só escolhiam a opção das lascas de lenha, sem justificar, dizendo não saber. Os que tentaram justificar, deram respostas do tipo “As lascas são mais práticas, primeiramente pois a lenha tem uma textura mais grossa e dificulta muito mais” ou então, “Por que nas lascas pegam fogo mais rápido”, mostrando que possuíam apenas o conhecimento de senso comum, sem um conceito que fundamentasse a opção escolhida.

Na avaliação, ao final da sequência didática, a questão escolhida para avaliar esse aprendizado exigia mais raciocínio e domínio não apenas do fator superfície de contato, mas também temperatura e concentração, conforme mostra a Figura 2.

No laboratório, o hidrogênio pode ser preparado pela reação de zinco com solução de ácido clorídrico. Observe as condições especificadas nas experiências a seguir:

	Temperatura (°C)	Zinco	Concentração do ácido (mol/L)
Experiência I	25	Granulado	1,0
Experiência II	25	Granulado	0,5
Experiência III	30	Em pó	1,0
Experiência IV	30	Em pó	0,5
Experiência V	30	Em raspas	1,0

A velocidade das reações é maior em qual das experiências? Explique.

Figura 2: Enunciado da questão 6 de P1:

Os alunos conseguiram delimitar bem que quando a substância é em pó, a superfície de contato é maior e aumenta a velocidade das reações, mas como a questão considerava outros fatores em conjunto, diminuiu a porcentagem de acertos.

Vejamos a resposta de um dos alunos a qual se repetiu inúmeras vezes:

“Na III e IV. Porque estão em pó e se dissolve mais rápido e se chocam mais”.

Esse resultado mostra que os alunos olharam mais para o fator superfície de contato e temperatura, deixando de lado a concentração e evidenciando a deficiência no entendimento desse conceito como já relatado acima.

Catalisadores e Inibidores

Uma mesma pergunta contemplava a questão de catalisadores e inibidores:

“Qual a diferença entre inibidor e catalisador? Qual o catalisador utilizado no experimento feito no laboratório?”

O fator inibidor foi exemplo de evolução quanto à conceituação feita pelos alunos. Após a atividade experimental, quando foram realizadas as apresentações acerca dos modelos idealizados, houve um debate intenso, esclarecendo dúvidas relacionadas ao papel do inibidor. Havia uma dificuldade de compreensão dos alunos quanto ao inibidor do experimento. Erros conceituais que foram ajustados em seus modelos, como pôde ser visto pelos resultados de suas avaliações, que houve alta porcentagem de acerto tanto na turma A (80%) como na turma B (67%).

No caso dos catalisadores, a barreira encontrada foi a energia de ativação. Apesar de haver tentado uma reconstrução de modelos durante o processo e os alunos terem citado a energia de ativação em seus trabalhos, grande parte das respostas da questão aberta sobre catalisadores citam a batata como o catalisador e o aumento da velocidade da reação, mas não há associação com a energia de ativação.

Diante dos resultados é possível observar que tanto nas aulas teóricas, na representação dos fenômenos nas atividades experimentais ou na avaliação escrita, a presença dos desenhos explicativos ao longo da sequência didática para demonstrar o que acontece a nível submicroscópico se mostrou eficaz.

Com o auxílio das atividades experimentais e de diferentes formas de expressão para representação do nível microscópico proposto por Johstone (*apud* Rosa e Schnetzler 1998) foi trabalhado com os fatores que alteram a velocidade das reações sob a ótica da Teoria das Colisões. Os fatores que respeitaram a sequência didática sugerida obtiveram maior êxito como temperatura, superfície de contato e inibidores. Já no caso do fator concentração e pressão que houve erro ou ausência de experimento, os alunos não conseguiram ter uma aprendizagem significativa. Com os catalisadores, houve compreensão do fenômeno, mas a ausência do conceito de energia de ativação por parte dos alunos.

Influência das abordagens metodológicas na aprendizagem

A sequência foi idealizada de acordo com as características de cada turma, utilizando abordagens metodológicas diferenciadas para ambas, objetivando superar o obstáculo da diferença de aprendizagem que existe para cada um. A passividade e falta de interesse da turma A, serviu como desafio para uma atividade investigativa, que demonstrou ser efetiva, assim como a construção de modelos e para a turma B, mais ativa e dispersa, uma atividade experimental tradicional seguida de apresentações das representações dos alunos com perguntas e questionamentos intensos sobre o procedimento como um todo, apontando erros e remodelando concepções equivocadas, mostraram como se faz necessário a multiplicidade de abordagens metodológicas.

Relatórios sobre as atividades experimentais, exercícios de sala de aula, apresentação oral e/ou desenhos descrevendo os fatores, discussões baseadas em questionamentos trazidos pelos próprios alunos e até relatos escritos sobre quais atividades se sentiram mais à vontade em realizar e quais acharam mais eficazes em seu processo de aprendizagem, se constituíram de possíveis formas de avaliação. A pontualidade na entrega das atividades se constitui um problema, não só de Química, mas de todas em disciplinas em geral, que não é um problema da pesquisa em questão, mas que assola todas as salas de aula. A dificuldade em expressar conceitos e discuti-los de forma coesa na elaboração de textos foi muito clara nos relatórios. Diante dessa limitação, era visível que os alunos não conseguiram expressar os modelos formulados após a experimentação em forma de relatórios (expressão escrita). Por isso, as apresentações em grupo e discussões foram mais eficazes, pois, na medida em que dúvidas iam surgindo e sendo discutidas, o entendimento dos conceitos foi sendo construído. Comparando os relatórios e as apresentações orais, ficou nítido que não conseguiram representar de forma clara suas ideias e seus modelos na atividade escrita.

Outra questão interessante se revela nos relatos individuais (TL) que os alunos fizeram, onde descreveram o que mais contribuiu para sua aprendizagem dos conceitos relacionados à Cinética Química em todo o processo. Os alunos escreveram livremente e citaram mais de uma atividade em seus relatos. Portanto, para fazer a porcentagem, foram categorizados as que mais apareciam e a quantidade de vezes, sendo que 92% dos alunos citam a atividade experimental, enquanto que 61% creditam a aprendizagem a partir da metodologia da professora, 38% falam sobre relatórios e 15% apenas das apresentações.

A porcentagem mais alta não se caracteriza uma incoerência, visto o fato das atividades experimentais estarem condicionadas à sequência e os alunos gostarem de tais atividades. A falta de caracterização e importância que os alunos dão a outras atividades que não provas e relatórios escritos é efeito da imposição metodológica e sistema a que estão inseridos. A surpresa, no entanto, fica em parte pela quantidade de alunos que percebe a importância no papel da professora, sendo questionado

que durante a aplicação desse projeto foi uma estagiária e não a professora regente da turma, o que implica em diferença na condução das aulas.

Há uma espécie de contrato, ou seja, um conjunto de comportamentos do professor esperados pelo aluno e, também, um conjunto de comportamentos do aluno esperados pelo professor. Esse contrato se refere às regras que determinam explicitamente, mas sobretudo implicitamente, o que cada elemento da relação didática deverá fazer e estabelece o que será válido nessa relação. A cada novo conhecimento, o contrato é renovado e renegociado (BROUSSEAU, 1988¹ *apud* MEDEIROS,1999).

As atitudes do professor e a reação dos alunos, indicam que, além do tipo de tarefa apresentado ao aluno, a atitude do professor contribuiu para o estabelecimento de um novo contrato didático. Pode-se dizer, então, que o professor estabeleceu, paulatinamente, uma nova *relação com o conhecimento*. Sendo assim, a diferença das abordagens metodológicas da sequência didática, os alunos podem não conseguir dissociar a figura de uma nova professora com um novo processo de aprendizagem.

A reação e opiniões dos alunos quanto à sequência aplicada e a abordagens metodológicas podem ser explicadas além dos relatos escritos pelos próprios alunos (TL).

“O experimento no laboratório foi bem legal, tinha 32 alunos e ela conseguia dar atenção a todos, e quando fomos apresentar cada grupo apresentava ela explicava e falava o que errávamos e o que acertávamos”, relatou um aluno sobre a atividade envolvendo oratória. Outra aluna através de seu relato expressa a contribuição da teoria para a conclusão das atividades sobre o experimento: “o que a professora passou na teoria fez ajudar a fazer o relatório e apresentar para a turma. ”

O desempenho das turmas em termos quantitativos antes e depois da aplicação da sequência didática está disponibilizada na Figura 3.

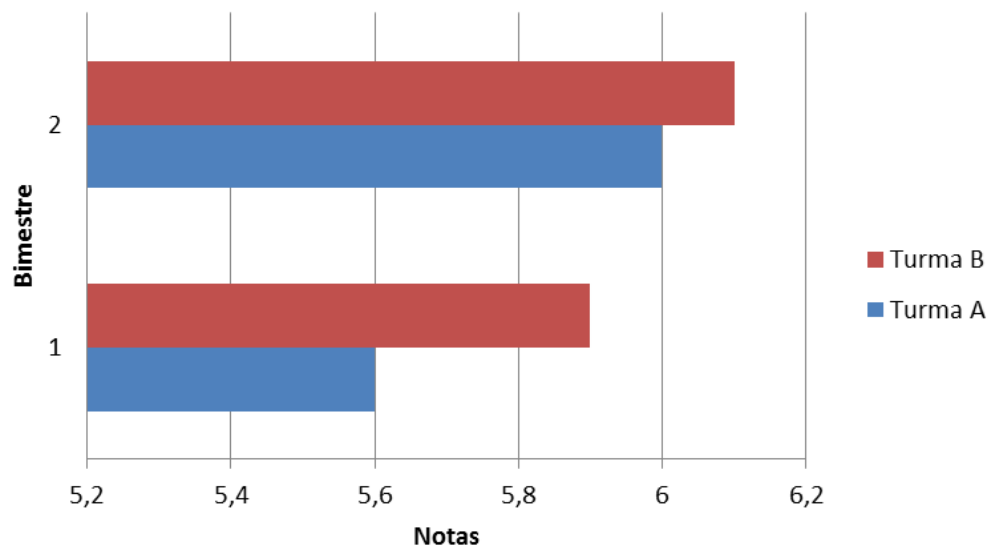


Figura 3: Notas Alunos antes (1) e após (2) a sequência didática aplicada

O desempenho de ambas as turmas (tanto a turma A como a turma B) melhorou no bimestre de aplicação da sequência, se comparado ao bimestre anterior conforme mostra a Figura 4. Houve um aumento progressivo nas médias das turmas após a sequência, 59% dos alunos da turma A e 63% dos alunos da turma B, concluindo que a utilização de abordagens metodológicas diferenciadas resultou no aumento das notas individuais.

Olhando agora apenas para a progressão das turmas A e B após a sequência, é possível evidenciar o maior desenvolvimento na turma A, àquela em que foi realizada a atividade investigativa.


Marcondes e Stuart (2007, 2008) (*apud* AGOSTINI e DELIZOICOV, 2009) ressaltam que atividades experimentais investigativas devem propiciar discussões, elaboração de hipóteses, interpretação de dados e elaboração de conclusões, favorecendo, assim, as relações entre os níveis fenomenológicos e teóricos das ciências, permitindo a discussão entre os saberes prévios dos alunos e os conhecimentos sistematizados do professor. Essa perspectiva, para os autores, facilita a aquisição de conteúdos procedimentais relativos à prática científica na resolução de um problema.

O intuito da atividade investigativa era inserir a turma dispersa e desinteressada como responsável pela busca de conhecimentos, no sentido de depender deles a busca pelas respostas e não ser apenas competência do professor fornecer os conhecimentos, através de uma investigação dos fatores que alteram a velocidade das reações no formato de problemas reais e cotidianos que eles tiveram que resolver. Alguns exemplos desses problemas apresentados aos alunos estão ilustrados na Figura 4.

Problema 1
 Maria não está se sentindo bem. Comeu algo que não fez bem, está com má digestão. Resolveu ir à farmácia e lá o farmacêutico receitou Sonrisal para ela tomar. Nas indicações dizia o seguinte:

$\frac{1}{2}$ comprimido em 50 mL de água

Para Maria melhorar logo e o remédio dissolver o quanto antes possível, ela deve tomar o remédio com água quente, à temperatura ambiente ou gelada? Qual reação terminou primeiro? E qual terminou por último?



Problema 2
 Paulo toma vitamina C efervescente para combater a gripe. Essas vitaminas C efervescentes são tomadas dissolvidas em água. Toda vez que vai tomá-las, sua mãe fala para triturar $\frac{1}{2}$ comprimido para colocar em 100 mL de água, em vez de colocar esse $\frac{1}{2}$ comprimido inteiro nos mesmos 100 mL de água. Qual o motivo dela dizer isso?




Figura 4: Trecho dos problemas de investigação

A atividade investigativa mostrou ser extremamente positiva, inclusive para uma turma que não respondia a abordagens metodológicas comuns, como mostra esse depoimento presente no diário de classe da professora.

“No início, os alunos tiveram alguma dificuldade em conseguir fazer os procedimentos sozinhos, a começar pela leitura dos problemas, depois para manusear vidrarias e executar os procedimentos. Achei que eles não iriam conseguir. Aos poucos, foram se soltando. Demoraram a

descobrir alguns fatores e aliá-los com a teoria, mas alguns grupos conseguiram determinar com clareza. Fiquei surpresa com a resposta positiva da sua turma, achei que eles não seriam capazes de desenvolver a atividade. ”

Ao final, comparando Q1 e Q2, que os alunos deveriam responder as mesmas perguntas, antes e depois da sequência didática ser desenvolvida, identificamos a evolução da aprendizagem. Enquanto em Q1, havia apenas conhecimento de senso comum, todos os questionários de Q2 citam a Teoria das Colisões de alguma maneira, ou seja 100% dos questionários de Q2 falam sobre choque efetivos das moléculas relacionados a velocidade das reações.

De todas as abordagens metodológicas utilizadas durante a sequência, a apresentação oral seguida de discussões foi a mais eficaz para os alunos representarem seus modelos microscópicos, o que está de acordo com o aferido em Q1. Portanto, os alunos têm consciência da maneira que conseguem se expressar melhor, o que facilita seu processo de aprendizagem.

Considerações finais

Uma sequência didática apoiada no uso de representações e em atividades experimentais investigativas facilita a aprendizagem de Cinética Química, no que se refere a fatores que alteram a velocidade das reações baseada na Teoria das Colisões.

O uso de desenhos explicativos e a atividade experimental investigativa, utilizando problemas para os alunos responderem, serviu para a criação dos modelos dos alunos para os fenômenos.

A representação dos modelos a nível microscópico facilitou a construção e reconstrução dos conceitos envolvidos.

O desempenho das duas turmas melhorou após a sequência ser realizada, e àquela que foi realizada a atividade investigativa houve um crescimento progressivo no rendimento da turma.

A diversidade de abordagens metodológicas na sequência didática também foi um ponto importante. De todas as abordagens metodológicas utilizadas (relatórios, desenhos, textos livres, apresentações orais, prova escrita), a *apresentação oral* seguida de *debate* constituiu a atividade que os alunos conseguiram expressar seus modelos mentais de maneira satisfatória, o que possibilitou a reconstrução de modelos errôneos, facilitando assim a aprendizagem dos conceitos de Cinética Química.

Referências Bibliográficas

AGOSTINI, V.W.; DELIZOICOV, N.D. (2009). A experimentação didática no ensino fundamental: impasses e desafios. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESQUISA EM CIÊNCIAS, VII, 2009 Florianópolis. *Anais do VII ENPEC*, Florianópolis, SC: ABRAPEC. v. 1.

BARAB, S. A.; HAY, K. E.; BARNETT, M.; KEATING, T. (2000). Virtual Solar System Project: Building Understanding through Model Building. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 37, n. 7, p. 719-756.

BELTRAN, N. O.(1997). Ideias em Movimento. *Química Nova na Escola*, n. 05, p. 14-17.

- BORGES, A. T. (1997). Um estudo de modelos mentais. *Investigações em Ensino de Ciências*, v 2, p. 207-226.
- BROUSSEAU, G. (1988). *Le contrat didactique: Le mileu*. RDM, nº 9 (3) , p. 309-336.
- CIRINO, M. M. et al (2009). A intermediação da noção de probabilidade na construção de conceitos relacionados à cinética química. *Ciênc. educ. (Bauru)*, Bauru, v. 15, n. 1.
- CLEMENT, J.(2000). Model based learning as a key research area for science education. *International Journal of Science Education*, Reading, v. 22, p. 1041-53.
- DELIZOICOV, D. (2011). *Ensino de Ciências: fundamentos e métodos*. 4 ed. São Paulo: Cortez.
- EISENBERG R. J., et al (2004). A construção de modelos macroscópicos para o ensino de cinética química em nível médio. *Ensino e Pesquisa*, v.4, n.4.
- FERREIRA, P. F. M.(2006). *Modelagem e suas contribuições para o ensino de Ciências: uma análise no estudo de equilíbrio químico*. 2006. 155f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- GIORDAN, M. (2003). Experimentação por simulação. *Textos LAPEQ*, USP, São Paulo, n. 8, junho 2003.
- JUSTI, R. S.; RUAS, R. M. (1997). Aprendizagem de Química: reprodução de pedaços isolados de conhecimento? *Química Nova na Escola*, n. 05, p. 24-27.
- MARCONDES, M. E. R.; SUART, R. C. (2009). A manifestação de habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino médio de química. *Ciências & Cognição*, v 14, p 50-74.
- NAKHLEH, M. Why some students don't lea NAKHLEH, M.(1992). Why some students don't learn chemistry – chemical misconceptions. *Journal of Chemical Education*, v. 69, n. 3, p. 191-196.
- NORMAN, D.A.(1983). Some observations on mental models. In D. Gentner & A.L.Stevens(Eds.) *Mental Models*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, p. 07-15.
- MEDEIROS, K.M. *O Contrato Didático e a Resolução de Problemas Matemáticos em Sala de Aula*. 1999. 211p. Dissertação (Mestrado em Educação) - UFPE, Recife, 1999.
- MAIA, P. F.; JUSTI, R. (2009). Learning of Chemical Equilibrium through Modelling-Based Teaching. *International Journal of Science Education*, v. 31, n. 5, p. 603-630.
- MELLO, C.a C.; e BARBOZA,L. M. V. (2008). Investigando a experimentação de química no Ensino Médio. *Programa de Desenvolvimento Educacional*, SEED, Curitiba.
- OLIVEIRA, J. (2010). Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências: reunindo elementos para a prática docente. *Acta Scientiae*, v.12, n.1, p.139-153.
- SCHNETZLER, R. P.; ROSA, M. I. F. P. (1998). Sobre a importância do conceito transformação química no processo de aquisição do conhecimento químico. *Química Nova na Escola*, n. 08, p. 31-35.

SILVA, F. F. A (2007). Equação de Arrhenius: Uma alternativa em Ensino de Cinética Química no Nível médio. In: CONGRESSO NORTE-NORDESTE DE QUÍMICA, 1, 2007, Natal. *Anais...* Natal: Associação Norte-Nordeste de Química.

VOSNIADOU, S.(2002). Mental Models in Conceptual Development. In: MAGNANI, L.; NERSESSIAN, N. J.; THAGARD, P. (Eds.), *Model-based Reasoning in Scientific Discovery*. 1 ed. New York: Kluwer and Plenum Publishers, p. 353-368.

ZABALA, A. (1998). *A prática educativa: como ensinar*. Porto Alegre: Artmed.

APÊNDICE A – Questionário inicial/ final (Q1 e Q2) aplicados ao longo da sequência.

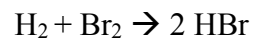
1. Por que alimentos que estão na geladeira são conservados por mais tempo?

2. Por que os alimentos na panela de pressão cozinham mais rápido?

3. Por que para acender um fogão a lenha utilizamos inicialmente lascas de lenha e só depois colocamos as toras?

APÊNDICE B – Prova escrita (P1) sobre os conceitos químicos de Cinética Química (fatores que alteram a velocidade das reações)

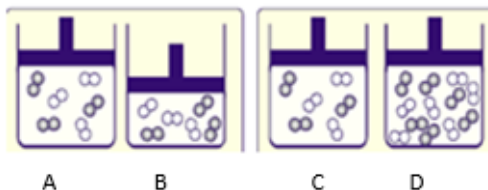
1. Represente molecularmente, com desenhos, a seguinte reação:



2. Sobre o experimento que você realizou, responda: O que aconteceu quando foi colocada a pastilha de vitamina C, em água quente, fria e a temperatura ambiente? Qual foi a mais rápida? E a mais lenta? Por quê? Explique de acordo com a teoria das Colisões”.

3. É correto afirmar que as velocidades das reações dos compostos gasosos nos sistemas I e II abaixo, são, respectivamente:

- a) $A > B \text{ e } C > D$
 b) $A > B \text{ e } D > C$
 c) $A = B \text{ e } D > C$
 d) $B > A \text{ e } D > C$



4. Qual a diferença entre inibidor e catalisador? Qual o catalisador utilizado no experimento feito no laboratório?

5. Para dissolver um pedaço de Bombril mais rápido, devo utilizar ácido clorídrico 1mol/L ou 0,5 mol/L?

6. No laboratório, o hidrogênio pode ser preparado pela reação de zinco com solução de ácido clorídrico. Observe as condições especificadas nas experiências a seguir:

	Temperatura (°C)	Zinco	Concentração (mol/L)
Experiência I	25	Granulado	1,0
Experiência II	25	Granulado	0,5
Experiência III	30	Em pó	1,0
Experiência IV	30	Em pó	0,5
Experiência V	30	Em raspas	1,0

A velocidade das reações é maior em qual das experiências? Por quê?
