

ensino médio
3ª SÉRIE
volume 1 - 2009

caderno do
PROFESSOR

QUÍMICA



GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO

Governador
José Serra

Vice-Governador
Alberto Goldman

Secretária da Educação
Maria Helena Guimarães de Castro

Secretária-Adjunta
Iara Gloria Areias Prado

Chefe de Gabinete
Fernando Padula

Coordenadora de Estudos e Normas
Pedagógicas
Valéria de Souza

Coordenador de Ensino da Região
Metropolitana da Grande São Paulo
José Benedito de Oliveira

Coordenadora de Ensino do Interior
Aparecida Edna de Matos

Presidente da Fundação para o
Desenvolvimento da Educação – FDE
Fábio Bonini Simões de Lima

EXECUÇÃO

Coordenação Geral
Maria Inês Fini

Concepção
Guiomar Namó de Mello
Lino de Macedo
Luís Carlos de Menezes
Maria Inês Fini
Ruy Berger

GESTÃO

Fundação Carlos Alberto Vanzolini

Presidente do Conselho Curador:
Antonio Rafael Namur Muscat

Presidente da Diretoria Executiva:
Mauro Zilbovicius

**Diretor de Gestão de Tecnologias
aplicadas à Educação:**
Guilherme Ary Plonski

Coordenadoras Executivas de Projetos:
Beatriz Scavazza e Angela Sprenger

COORDENAÇÃO TÉCNICA

CENP – Coordenadoria de Estudos e Normas
Pedagógicas

Coordenação do Desenvolvimento dos Conteúdos Programáticos e dos Cadernos dos Professores

Ghisleine Trigo Silveira

AUTORES

Ciências Humanas e suas Tecnologias

Filosofia: Paulo Miceli, Luiza Christov,
Adilton Luís Martins e René José Trentin Silveira

Geografia: Angela Corrêa da Silva, Jaime Tadeu
Oliva, Raul Borges Guimarães, Regina Araujo, Regina
Célia Bega dos Santos e Sérgio Adas

História: Paulo Miceli, Diego López Silva,
Glaydson José da Silva, Mônica Lungov Bugelli e
Raquel dos Santos Funari

Sociologia: Heloisa Helena Teixeira de Souza
Martins, Marcelo Santos Masset Lacombe,
Melissa de Mattos Pimenta e Stella Christina
Schrijnemaekers

Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Biologia: Ghisleine Trigo Silveira, Fabiula Bovo
Mendonça, Felipe Bandoni de Oliveira, Lucilene
Aparecida Esperante Limp, Maria Augusta
Querubim Rodrigues Pereira, Olga Aguilar Santana,
Paulo Roberto da Cunha, Rodrigo Venturoso
Mendes da Silveira e Solange Soares de Camargo

Ciências: Ghisleine Trigo Silveira, Cristina
Leite, João Carlos Miguel Tomaz Micheletti Neto,
Julio César Foschini Lisboa, Lucilene Aparecida
Esperante Limp, Maira Batistoni e Silva, Maria
Augusta Querubim Rodrigues Pereira, Paulo
Rogério Miranda Correia, Renata Alves Ribeiro,
Ricardo Rechi Aguiar, Rosana dos Santos Jordão,
Simone Jaconetti Ydi e Yassuko Hosoume

Física: Luís Carlos de Menezes, Sonia Salem,
Estevam Rouxinol, Guilherme Brockington, Ivã
Gurgel, Luís Paulo de Carvalho Piassi, Marcelo de
Carvalho Bonetti, Maurício Pietrocola Pinto de
Oliveira, Maxwell Roger da Purificação Siqueira e
Yassuko Hosoume

Química: Denilse Moraes Zambom, Fábio Luiz de
Souza, Hebe Ribeiro da Cruz Peixoto, Isis Valença
de Sousa Santos, Luciane Hiromi Akahoshi,
Maria Eunice Ribeiro Marcondes, Maria Fernanda
Penteado Lamas e Yvone Mussa Esperidião

Linguagens, Códigos e suas Tecnologias

Arte: Geraldo de Oliveira Suzigan, Gisa Picosque,
Jéssica Mami Makino, Mirian Celeste Martins e
Sayonara Pereira

Educação Física: Adalberto dos Santos Souza,
Jocimar Daolio, Luciana Venâncio, Luiz Sanches
Neto, Mauro Betti e Sérgio Roberto Silveira

LEM – Inglês: Adriana Ranelli Weigel Borges, Alzira
da Silva Shimoura, Livia de Araújo Donnini Rodrigues,
Priscila Mayumi Hayama e Sueli Salles Fidalgo

Língua Portuguesa: Alice Vieira, Débora Mallet
Pezarim de Angelo, Eliane Aparecida de Aguiar,
José Luis Marques López Landeira e João Henrique
Nogueira Mateos

Matemática

Matemática: Nilson José Machado, Carlos
Eduardo de Souza Campos Granja, José Luiz
Pastore Mello, Roberto Perides Moisés, Rogério
Ferreira da Fonseca, Ruy César Pietropaolo e
Walter Spinelli

Caderno do Gestor

Lino de Macedo, Maria Eliza Fini e Zuleika de
Felice Murrie

Equipe de Produção

Coordenação Executiva: Beatriz Scavazza
Assessores: Alex Barros, Antonio Carlos de
Carvalho, Beatriz Blay, Carla de Meira Leite, Eliane
Yambanis, Heloisa Amaral Dias de Oliveira, José
Carlos Augusto, Luiza Christov, Maria Eloisa Pires
Tavares, Paulo Eduardo Mendes, Paulo Roberto da
Cunha, Pepita Prata, Renata Elsa Stark, Solange
Wagner Locatelli e Vanessa Dias Moretti

Equipe Editorial

Coordenação Executiva: Angela Sprenger
Assessores: Denise Blanes e Luis Márcio Barbosa
Projeto Editorial: Zuleika de Felice Murrie

Edição e Produção Editorial: Conexão Editorial,
Edições Jogo de Amarelinha, Jairo Souza Design
Gráfico e Occy Design (projeto gráfico)

APOIO

FDE – Fundação para o Desenvolvimento da
Educação

CTP, Impressão e Acabamento

Imprensa Oficial do Estado de São Paulo

A Secretaria da Educação do Estado de São Paulo autoriza a reprodução do conteúdo do material de sua titularidade pelas demais secretarias de educação do país, desde que mantida a integridade da obra e dos créditos, ressaltando que direitos autorais protegidos* deverão ser diretamente negociados com seus próprios titulares, sob pena de infração aos artigos da Lei nº 9.610/98.

* Constituem "direitos autorais protegidos" todas e quaisquer obras de terceiros reproduzidas no material da SEE-SP que não estejam em domínio público nos termos do artigo 41 da Lei de Direitos Autorais.

Catálogo na Fonte: Centro de Referência em Educação Mario Covas

S239c São Paulo (Estado) Secretaria da Educação.

Caderno do professor: química, ensino médio - 3ª série, volume 1 / Secretaria da Educação; coordenação geral, Maria Inês Fini; equipe, Denilse Moraes Zambom, Fábio Luiz de Souza, Hebe Ribeiro da Cruz Peixoto, Isis Valença de Sousa Santos, Luciane Hiromi Akahoshi, Maria Eunice Ribeiro Marcondes, Maria Fernanda Penteado Lamas, Yvone Mussa Esperidião. – São Paulo : SEE, 2009.

ISBN 978-85-7849-174-1

1. Química 2. Ensino Médio 3. Estudo e ensino I. Fini, Maria Inês. II. Zambom, Denilse Moraes. III. Souza, Fábio Luiz de. IV. Peixoto, Hebe Ribeiro da Cruz. V. Santos, Isis Valença de Sousa. VI. Akahoshi, Luciane Hiromi. VII. Marcondes, Maria Eunice Ribeiro. VIII. Lamas, Maria Fernanda Penteado. IX. Esperidião, Yvone Mussa. X. Título.

CDU: 373.5:54

Prezado(a) professor(a),

Dando continuidade ao trabalho iniciado em 2008 para atender a uma das prioridades da área de Educação neste governo – *o ensino de qualidade* –, encaminhamos a você o material preparado para o ano letivo de 2009.

As orientações aqui contidas incorporaram as sugestões e ajustes sugeridos pelos professores, advindos da experiência e da implementação da nova proposta em sala de aula no ano passado.

Reafirmamos a importância de seu trabalho. O alcance desta meta é concretizado essencialmente na sala de aula, pelo professor e pelos alunos.

O Caderno do Professor foi elaborado por competentes especialistas na área de Educação. Com o conteúdo organizado por disciplina, oferece orientação para o desenvolvimento das Situações de Aprendizagem propostas.

Esperamos que você aproveite e implemente as orientações didático-pedagógicas aqui contidas. Estaremos atentos e prontos para esclarecer dúvidas ou dificuldades, assim como para promover ajustes ou adaptações que aumentem a eficácia deste trabalho.

Aqui está nosso novo desafio. Com determinação e competência, certamente iremos vencê-lo!

Contamos com você.

Maria Helena Guimarães de Castro

Secretária da Educação do Estado de São Paulo

SUMÁRIO

São Paulo faz escola – Uma Proposta Curricular para o Estado 5

Ficha do Caderno 7

Orientação sobre os conteúdos do bimestre 8

Situações de Aprendizagem 11

Situação de Aprendizagem 1 – A atmosfera pode ser considerada uma fonte de materiais úteis para o ser humano? 11

Situação de Aprendizagem 2 – Estudo da síntese e da produção industrial da amônia a partir dos gases nitrogênio e hidrogênio 19

Situação de Aprendizagem 3 – É possível alterar a rapidez com que uma transformação química ocorre? 33

Situação de Aprendizagem 4 – Como utilizar modelos microscópicos para explicar as diferenças na rapidez das transformações químicas? 43

Propostas de questões para aplicação em avaliação 53

Propostas de Situação de Recuperação 56

Recursos para ampliar a perspectiva do professor e do aluno para a compreensão do tema 58

Considerações finais 60

SÃO PAULO FAZ ESCOLA – UMA PROPOSTA CURRICULAR PARA O ESTADO

Prezado(a) professor(a),

É com muita satisfação que apresento a todos a versão revista dos Cadernos do Professor, parte integrante da Proposta Curricular de 5^a a 8^a séries do Ensino Fundamental – Ciclo II e do Ensino Médio do Estado de São Paulo. Esta nova versão também tem a sua autoria, uma vez que inclui suas sugestões e críticas, apresentadas durante a primeira fase de implantação da proposta.

Os Cadernos foram lidos, analisados e aplicados, e a nova versão tem agora a medida das práticas de nossas salas de aula. Sabemos que o material causou excelente impacto na Rede Estadual de Ensino como um todo. Não houve discriminação. Críticas e sugestões surgiram, mas em nenhum momento se considerou que os Cadernos não deveriam ser produzidos. Ao contrário, as indicações vieram no sentido de aperfeiçoá-los.

A Proposta Curricular não foi comunicada como dogma ou aceite sem restrição. Foi vivida nos Cadernos do Professor e compreendida como um texto repleto de significados, mas em construção. Isso provocou ajustes que incorporaram as práticas e consideraram os problemas da implantação, por meio de um intenso diálogo sobre o que estava sendo proposto.

Os Cadernos dialogaram com seu público-alvo e geraram indicações preciosas para o processo de ensino-aprendizagem nas escolas e para a Secretaria, que gerencia esse processo.

Esta nova versão considera o “tempo de discussão”, fundamental à implantação da Proposta Curricular. Esse “tempo” foi compreendido como um momento único, gerador de novos significados e de mudanças de ideias e atitudes.

Os ajustes nos Cadernos levaram em conta o apoio a movimentos inovadores, no contexto das escolas, apostando na possibilidade de desenvolvimento da autonomia escolar, com indicações permanentes sobre a avaliação dos critérios de qualidade da aprendizagem e de seus resultados.

Sempre é oportuno lembrar que os Cadernos espelharam-se, de forma objetiva, na Proposta Curricular, referência comum a todas as escolas da Rede Estadual, revelando uma maneira inédita de relacionar teoria e prática e integrando as disciplinas e as séries em um projeto interdisciplinar por meio de um enfoque filosófico de Educação que definiu conteúdos, competências e habilidades, metodologias, avaliação e recursos didáticos.

Esta nova versão dá continuidade ao projeto político-educacional do Governo de São Paulo, para cumprir as 10 metas do Plano Estadual de Educação, e faz parte das ações propostas para a construção de uma escola melhor.

O uso dos Cadernos em sala de aula foi um sucesso! Estão de parabéns todos os que acreditaram na possibilidade de mudar os rumos da escola pública, transformando-a em um espaço, por excelência, de aprendizagem. O objetivo dos Cadernos sempre será apoiar os professores em suas práticas de sala de aula. Posso dizer que esse objetivo foi alcançado, porque os docentes da Rede Pública do Estado de São Paulo fizeram dos Cadernos um instrumento pedagógico com vida e resultados.

Conto mais uma vez com o entusiasmo e a dedicação de todos os professores, para que possamos marcar a História da Educação do Estado de São Paulo como sendo este um período em que buscamos e conseguimos, com sucesso, reverter o estigma que pesou sobre a escola pública nos últimos anos e oferecer educação básica de qualidade a todas as crianças e jovens de nossa Rede. Para nós, da Secretaria, já é possível antever esse sucesso, que também é de vocês.

Bom ano letivo de trabalho a todos!

Maria Inês Fini

Coordenadora Geral
Projeto São Paulo Faz Escola

FICHA DO CADERNO

Atmosfera como fonte de materiais

Nome da disciplina: Química

Área: Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Etapa da educação básica: Ensino Médio

Série: 3^a

Período letivo: 1^o bimestre de 2009

Temas e conteúdos:

- Reconhecimento do ar atmosférico como uma mistura de gases e seus processos de separação
- Uso de gases extraídos da atmosfera em processos industriais, na área da saúde e em situações cotidianas
- Variáveis que influenciam a rapidez das transformações químicas: abordagem no nível macroscópico e elaboração de modelos explicativos
- Importância do controle da rapidez das transformações químicas em processos industriais e em situações cotidianas
- Estado de equilíbrio químico: reconhecimento de coexistência de reagentes e de produtos em um sistema e sua importância para o controle de processos industriais

ORIENTAÇÃO SOBRE OS CONTEÚDOS DO BIMESTRE

Caro(a) professor(a),

Nesta 3ª série, como nas séries anteriores, será proposto um ensino de Química que permita aos alunos compreender um pouco melhor o mundo em que vivem usando ferramentas dessa disciplina. No decorrer desta série, serão estudadas as formas pelas quais diversos materiais são extraídos da atmosfera, da hidrosfera e da biosfera e como eles são utilizados para a sobrevivência e o bem-estar da espécie humana. Serão propostas atividades que facilitem a compreensão dos processos químicos relacionando-os com suas aplicações tecnológicas, ambientais e sociais para que os alunos possam emitir juízos de valor, bem como tomar decisões individuais e coletivas de maneira mais responsável e crítica.

Neste primeiro bimestre, a atmosfera será enfocada como recurso natural para a obtenção industrial de gases como o nitrogênio, o oxigênio e os gases nobres, assim como algumas de suas utilizações na vida cotidiana e na fabricação de outros compostos.

O estudo do processo Haber-Bosch de produção da amônia permitirá uma discussão sobre a importância de conhecer, prever e controlar as variáveis – temperatura, pressão, superfície de contato, presença de catalisadores e concentração de reagentes – que influem

na rapidez e na extensão com que uma transformação química acontece, para que se possa otimizar os custos de produção.

O estudo da cinética química, iniciado na 1ª série, será ampliado e retomado com a apresentação de fatos químicos, no nível macroscópico, seguido de explicações baseadas no modelo cinético-molecular. O modelo explicativo será valorizado como instrumento para a previsão e o controle da rapidez das transformações químicas.

O fato da obtenção da amônia a partir dos gases nitrogênio e hidrogênio se dar por intermédio de uma transformação química reversível permitirá a introdução do estudo do equilíbrio químico. Até agora, o aluno havia aprendido que o conhecimento do cálculo estequiométrico permite calcular a quantidade de reagentes que será utilizada, sem que haja desperdício. Neste bimestre, essa ideia será ampliada, ao serem estudadas reações reversíveis, isto é, que não se completam, nas quais o rendimento não é de 100%. Então, para que se encontrem formas de produção economicamente viáveis e ambientalmente favoráveis, é necessário saber controlar os fatores que afetam a rapidez e a extensão da transformação química em questão. Assim, a escolha da temperatura, da pressão e da concentração dos reagentes, bem como a decisão sobre o uso de algum catalisador, deve priorizar a produção

da maior quantidade possível de produtos com o menor custo econômico e ambiental e o menor desperdício possível.

Espera-se, ainda, que este estudo permita aos alunos repensar suas ideias sobre a utilização do ar atmosférico e aplicar os conhecimentos construídos sobre os fatores que influenciam a rapidez das transformações químicas, tanto em sua vida diária quanto para entender alguns processos industriais.

Conhecimentos priorizados

Neste primeiro bimestre, o ar atmosférico será reconhecido como uma mistura de gases e a destilação fracionada como um processo industrial utilizado na separação desses gases. As propriedades temperatura de ebulição e volatilidade serão consideradas para o entendimento desse processo. Serão também conhecidos alguns usos de gases obtidos da atmosfera para que sua importância econômica e social possa ser valorizada.

Outro ponto importante é reconhecer sistemas em que transformações químicas não se “completam”, nas quais reagentes e produtos coexistem em concentrações que não variam com o tempo e que serão identificados como sistemas que alcançaram um estado de equilíbrio químico. Assim, por meio do processo de obtenção industrial da amônia – processo Haber –, será apresentada a ideia da necessidade do controle da pressão e da temperatura para viabilizar e otimizar a sua produção in-

dustrial. O papel econômico da amônia será enfatizado mediante a discussão do processo Haber e pela apresentação de outros produtos em que a amônia é matéria-prima.

E, ainda, ideias sobre a cinética química serão apresentadas por meio do estudo macroscópico dos fatores que podem influir na rapidez de transformações químicas – temperatura, pressão, superfície de contato catalisadora e concentração de reagentes. O estudo cinético será aprofundado para o nível microscópico com a introdução de explicações baseadas no modelo cinético-molecular.

Competências e habilidades

1. Fazer uso da linguagem química para reconhecer equações químicas que representam sistemas em equilíbrio químico e para conhecer as espécies químicas presentes nesses sistemas.
2. Relacionar o desenvolvimento do processo industrial de obtenção da amônia com o momento histórico, com fatores econômicos e políticos envolvidos na importação do salitre do Chile, com a importância da amônia na fabricação de fertilizantes e de explosivos e com os conhecimentos disponíveis na época. Refletir sobre a importância de conhecer e controlar fatores que influenciam o rendimento e a rapidez de transformações químicas – no caso, a síntese industrial da amônia – para que processos industriais economicamente viáveis possam ser desenvolvidos.

3. Relacionar e interpretar dados fornecidos em textos, tabelas e representações para compreender processos de obtenção de gases industriais.
4. Aplicar conhecimentos referentes às influências da pressão e da temperatura para escolher condições reacionais mais adequadas. Usando modelos explicativos, fazer previsões qualitativas sobre como composições de variáveis podem afetar a rapidez de transformações químicas.
5. Estabelecer relações entre os conhecimentos desenvolvidos sobre fatores que alteram a rapidez de transformações químicas e condições de armazenamento de alimentos e avaliar o conhecimento de uma comunidade sobre esse assunto para, eventualmente, assumir um papel de multiplicador de conhecimentos.

Metodologias e estratégias

As metodologias utilizadas buscam estimular a participação e o envolvimento do aluno no

processo de construção de seus conhecimentos, assim como o desenvolvimento de competências que permitam o exercício de sua cidadania. No início de cada atividade são utilizadas questões que envolvem a análise de fatos relacionados ao dia-a-dia para que se possa estabelecer relações entre os conhecimentos prévios e aqueles a ser construídos. Os textos são apresentados para contextualizar o estudo e contêm informações relevantes relacionadas ao sistema produtivo. Os problemas propostos exigem a aplicação dos conceitos aprendidos. São utilizadas atividades experimentais de caráter investigativo, que abrangem o levantamento de hipóteses e a elaboração de explicações.

Avaliação

As atividades propostas envolvem estratégias como questões abertas, interpretação de textos, entrevistas, interpretação de gráficos e tabelas e análise de dados experimentais, entre outras. Dessa forma, você poderá acompanhar a aprendizagem de conteúdos específicos da Química e o desenvolvimento das competências dos alunos.

SITUAÇÕES DE APRENDIZAGEM

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 1 A ATMOSFERA PODE SER CONSIDERADA UMA FONTE DE MATERIAIS ÚTEIS PARA O SER HUMANO?

Por meio desta Situação de Aprendizagem, pode-se reconhecer o ar atmosférico como uma mistura de gases e a destilação fracionada como o processo industrial atualmente usado para

separá-los. Por meio de pesquisas e de entrevistas, poderão ser levantadas informações sobre alguns usos cotidianos e industriais dos gases nitrogênio, oxigênio, hidrogênio e argônio.

Tempo previsto: 2 aulas.

Conteúdos e temas: composição média do ar atmosférico; obtenção do oxigênio, do nitrogênio e dos gases nobres por destilação fracionada do ar atmosférico; diversos usos do oxigênio, do nitrogênio e dos gases nobres.

Competências e habilidades: desenvolver a leitura e a interpretação de textos, de tabelas, de esquemas e de linguagens próprios da Química; desenvolver as habilidades de síntese e de argumentação consistentes exigidas em algumas perguntas que acompanham os textos; compreender o processo da destilação fracionada no nível macroscópico para poder explicá-lo no nível microscópico; buscar, selecionar, organizar e relacionar dados e informações apresentados em diferentes mídias e representados em diferentes formas para resolver problemas.

Estratégias de ensino: discussões desencadeadas por perguntas e por análises de informações; leituras de texto seguidas de discussões; pesquisas em material escrito e na internet.

Recursos: material escrito: cópias de textos acompanhados de perguntas abertas; livros didáticos e paradidáticos.

Avaliação: respostas dadas às questões propostas; realização das tarefas requisitadas.

Para iniciar o estudo sobre o ar atmosférico e para que os alunos relacionem o que estudarão com o mundo que os cerca, você poderá

questioná-los sobre a composição do ar por meio de perguntas como:

- ▶ Nós respiramos o ar atmosférico. Você lembra qual é o gás responsável pela manutenção da nossa vida?
- ▶ Quando inspiramos, quais gases entram pelas nossas narinas?
- ▶ Você saberia dizer do que o ar (a atmosfera) é formado?
- ▶ Pessoas com insuficiência respiratória muitas vezes usam máscaras de oxigênio. Nessas máscaras, o gás oxigênio puro é misturado com o ar atmosférico, resultando em uma mistura mais rica em oxigênio, o que facilita a respiração. Os hospitais compram o oxigênio puro de empresas. De onde e como será que essas empresas obtêm esse oxigênio?

Não é esperado que os alunos saibam responder às perguntas corretamente. A intenção da discussão é permitir que eles relacionem o que já sabem sobre o ar atmosférico com o que será estudado.

Recomendações para a leitura de texto sobre a composição do ar

Após o levantamento dessas primeiras ideias a respeito do assunto, pode-se apresentar o texto a seguir, que irá fornecer informações sobre os gases que compõem o ar

atmosférico e sobre um processo industrial, a destilação fracionada, atualmente usado para separá-los.

A classe poderá ser organizada em um círculo e a leitura poderá ser feita em voz alta. Essa organização evita dispersões e possibilita maior controle do tempo e da participação durante a leitura e a discussão do texto.

A leitura será orientada pelas perguntas que aparecem ao longo do texto. Pode-se pedir que anotem as palavras desconhecidas e que as procurem em um dicionário, que deverá estar à disposição na sala de aula. Caso não seja possível, os significados das palavras poderão ser esclarecidos por você, professor, e pelos próprios colegas. As respostas às questões devem ser anotadas no caderno. Após a leitura, os alunos, que já estarão sentados em círculos, lerão as respostas para a classe, chegando a um consenso. Para sintetizar o estudo, os alunos deverão completar ou modificar suas respostas. Caso se disponha de tempo, pode-se recolher as respostas para melhor avaliar e acompanhar o aprendizado.

Outras sugestões de estratégias de leitura podem ser encontradas em referência fornecida no item “Recursos para ampliar a perspectiva do professor e do aluno para a compreensão do tema”.

Texto e questões

O ar atmosférico, o ar que nos rodeia, por ser transparente e muitas vezes inodoro, é tomado como um nada, como um espaço vazio. Mesmo quando sopra um vento, quando se ouvem notícias de furacões, quando as previsões do tempo apresentam falas como “Uma massa de ar fria vinda do litoral deverá atingir a costa...”, não pensamos no ar como matéria, como uma mistura de gases.

Em hospitais são usadas máscaras de oxigênio por pacientes com dificuldades respiratórias.

Nessas máscaras, o ar atmosférico é misturado com gás oxigênio puro. O resultado é um ar mais rico em oxigênio, o que facilita a respiração dos doentes. Poucos sabem como esse oxigênio puro é obtido pelas empresas que o comercializam.

Nas aulas de Ciências, aprendemos que o ar atmosférico é composto principalmente pelos gases nitrogênio e oxigênio. A tabela a seguir apresenta dados sobre a composição média do ar seco e as temperaturas de ebulição dos componentes do ar à pressão de 1 atm.

Composição do ar atmosférico seco e propriedades de seus constituintes à pressão de 1 atm			
Componente	Volume (%)	Temperatura de ebulição (°C)	Temperatura de fusão (°C)
Nitrogênio	78,08	-196	-210
Oxigênio	20,95	-183	-219
Argônio	0,934	-186	-189
Neônio	0,001818	-246	-249
Hélio	0,0005239	-269	-272*
Hidrogênio	0,00005	-253	-259
Xenônio	0,0000086	-107	-112
Criptônio	0,0001139	-153	-157

* A temperatura de fusão do hélio é determinada a 26 atm.

Extraído de: GEPEQ. *Interações e transformações III: a química e a sobrevivência: atmosfera*, fonte de materiais. São Paulo: Edusp, 2000, p. 54.

- ▶ O que é temperatura de ebulição?
- ▶ Para uma mesma substância nas mesmas condições de temperatura e de pressão, o valor da temperatura de ebulição é igual ao valor da temperatura de liquefação, ou seja, a $T_E = T_F$. Explique a razão de, às vezes, usarmos a expressão “temperatura de ebulição” e, às vezes, usarmos “temperatura de liquefação”.
- ▶ A temperatura de ebulição do nitrogênio, de acordo com a tabela acima, é de -196 °C . A -200 °C , o nitrogênio encontra-se em que estado físico?

- ▶ A $-190\text{ }^{\circ}\text{C}$, qual é o estado físico de cada componente do ar?

Do ar atmosférico são obtidos os gases industriais nitrogênio, oxigênio, argônio, neônio, criptônio e xenônio por um processo chamado destilação fracionada. A primeira coisa a ser feita é a liquefação do ar atmosférico. Depois, a mistura liquefeita vai sendo aquecida e seus componentes são separados com base em suas temperaturas de ebulição.

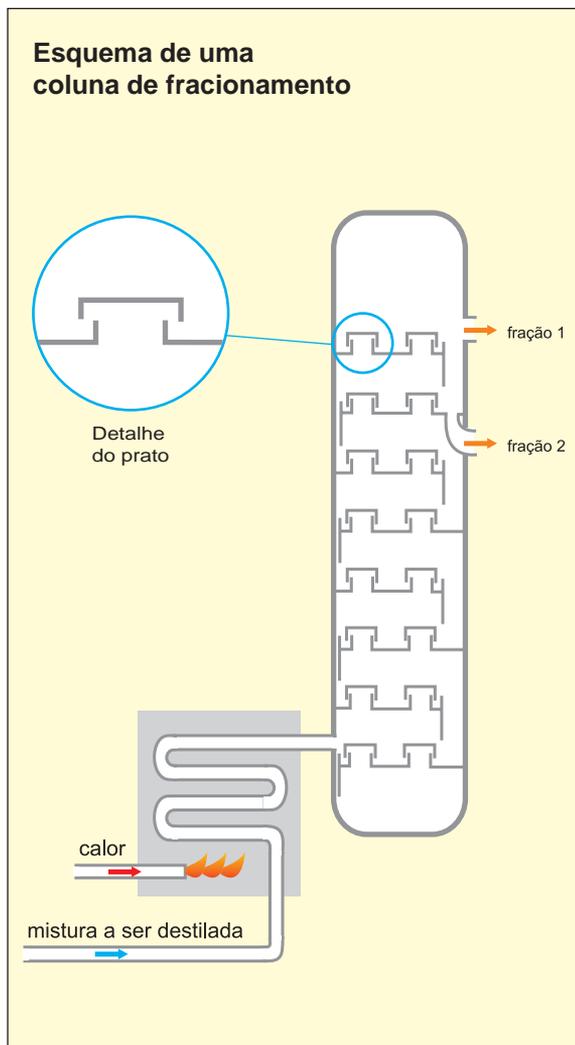
Quando as temperaturas de ebulição de duas ou mais substâncias são muito próximas, uma destilação simples não é suficiente para separá-las, pois a fração obtida (o destilado gasoso) é uma mistura de gases mais rica nos componentes com menores temperaturas de ebulição, ou seja, mais rica nos componentes mais voláteis. Observando-se a tabela anterior, pode-se perceber que as temperaturas de ebulição do oxigênio, do argônio e do nitrogênio, por exemplo, são próximas. Para separar esses gases é, então, usado um processo chamado de destilação fracionada.

Inicialmente, vamos entender como são realizadas destilações fracionadas de uma mistura líquida – do petróleo ou do alcatrão da hulha, por exemplo – em uma coluna de fracionamento. Esse tipo de coluna possui vários pratos horizontais, localizados em diferentes alturas, que se intercomunicam conforme mostrado na figura adiante. Como o aquecimento é feito pela base da coluna,

quanto mais alto está localizado o prato, menor a sua temperatura. À medida que a mistura a ser separada é aquecida, os componentes se gaseificam e sobem pela coluna. Quando encontram um prato a uma temperatura igual ou abaixo de sua temperatura de ebulição, liquefazem-se, escorrendo para um prato inferior, onde os componentes que possuem temperaturas de ebulição inferiores à temperatura do prato são novamente gaseificados, e assim sucessivamente. Dessa maneira, as frações vão se enriquecendo cada vez mais com o componente mais volátil.

A separação dos gases presentes no ar atmosférico segue esse processo de fracionamento exigindo, entretanto, um equipamento um pouco diferente, dado que o ar se liquefaz a temperaturas muito mais baixas do que a temperatura ambiente. Para tanto, são usadas duas colunas acopladas, com controle externo de temperatura; as frações são obtidas por aquecimentos e resfriamentos sucessivos, e os componentes são separados no estado líquido.

- ▶ Embora o gás hélio esteja presente no ar atmosférico e em uma quantidade maior do que a dos gases criptônio e xenônio, comercialmente é obtido de jazidas subterâneas de gás natural. Tente dar uma explicação para esse fato.
- ▶ No esquema seguinte, o nitrogênio deve ser obtido em um prato situado acima do prato de onde sai o oxigênio. Tente dar uma explicação para essas posições.



Extraído de: GEPEQ. *Interações e transformações III: a química e a sobrevivência: atmosfera, fonte de materiais*. São Paulo: Edusp, 2000, p. 54.

O ar atmosférico é considerado fonte de materiais úteis ao ser humano. Segundo o texto, quais seriam esses materiais? Como são úteis ao ser humano? Essa pergunta será respondida em parte por meio da pesquisa que será feita a seguir.

Sugestão para o aprofundamento do estudo relacionando forças interpartículas e ponto de ebulição:

Neste estudo, serão retomadas e aprofundadas as relações entre as forças interpartículas e a estrutura da matéria para explicar as temperaturas de ebulição (2ª série, 2ª e 3ª bimestres).

Retome algumas informações importantes: que o gás argônio é monoatômico; que os gases nitrogênio e oxigênio são diatômicos; que, no estado gasoso, as partículas estão afastadas umas das outras e não apresentam interações; e que no estado líquido há interações entre as partículas.

A aula poderá ser encaminhada com perguntas como: “As moléculas de nitrogênio, de oxigênio e de hidrogênio são polares ou apolares? Pode haver forças elétricas agindo entre essas partículas (entenda-se por partículas as moléculas e o átomo de argônio)? Vocês lembram qual a diferença entre o estado líquido e o gasoso? Então, como explicar que a mistura acima pode ser liquefeita? Vocês se lembram do que são forças de London? O que é um dipolo instantâneo? Como pode aparecer? Vocês acham que eletrosferas grandes, com muitos elétrons, são mais ou menos deformáveis que eletrosferas pequenas, com poucos elétrons? Qual o número atômico do nitrogênio, do oxigênio, do hidrogênio e do argônio? O que precisa acontecer para que a mistura líquida de ar atmosférico passe para o estado gasoso?”. Olhem a tabela apresentada no texto da página 13 – “Composição do ar atmosférico seco e propriedades de

seus constituintes à pressão de 1 atm” – e tentem explicar as diferenças nas temperaturas de ebulição usando as ideias que acabamos de discutir.

Após este estudo, os alunos deverão poder explicar que, no estado líquido, existem forças interpartículas fortes o suficiente para que as partículas se mantenham próximas. Deverão entender que, como essas forças são de caráter elétrico e como os gases componentes do ar atmosférico são apolares, as eletrosferas das partículas (dos átomos e das moléculas) têm de ser deformadas para que apareçam momentos de dipolo instantâneos e, conseqüentemente, para que apareçam forças de atração entre as partículas vizinhas, instantaneamente polarizadas. São as forças de London. Poderão explicar também que a temperatura de ebulição do hélio ($Z = 2$, $TE = -269\text{ }^\circ\text{C}$) é mais baixa do que a do argônio ($Z = 10$, $TE = -186\text{ }^\circ\text{C}$) porque apresenta um raio atômico bem menor; sua eletrosfera é, portanto, menos deformável, menos polarizável e, conseqüentemente, as interações elétricas instantâneas que serão capazes de fazer serão mais fracas. A mesma explicação se aplica às baixíssimas temperaturas de ebulição apresentadas pelos gases hidrogênio, hélio e neônio.

Solicitação e orientação de uma pesquisa sobre o uso dos gases presentes no ar atmosférico

Podem-se solicitar pesquisas em livros, em jornais ou na internet sobre os usos industriais, domésticos, urbanos e hospitalares dos gases nitrogênio, oxigênio e argônio. Um ob-

jetivo desta tarefa é permitir que se aprenda como esses gases são utilizados no dia-a-dia e no sistema produtivo para que possam estabelecer relações entre matérias-primas, processos produtivos e qualidade de vida. Outro objetivo é aprender a buscar e selecionar informações; para tanto, será necessário desenvolver as competências ligadas ao domínio de linguagens, à compreensão de fenômenos e ao enfrentamento de situações-problema.

É aconselhável que a pesquisa seja realizada em grupos, dentro ou fora da sala de aula. A orientação deverá ser dada de acordo com a autonomia que os alunos já possuem. É interessante que se tenha claro algumas palavras-chave referentes à pesquisa, assim como quais perguntas deverão ser respondidas após a pesquisa. Você deve verificar se eles sabem usar índices, sumários, índices remissivos e glossários, e auxiliá-los, caso seja necessário.

A internet é um meio de comunicação muito eficiente, rápido e democrático, ou seja, toda e qualquer pessoa pode publicar informações, sem que haja um controle sobre elas. Uma página pode ser colocada e retirada da rede a qualquer momento; pode conter informações de qualidade ou não. É importante que os alunos entendam isso e que reconheçam a necessidade de tentar se precaver em relação a informações erradas quando forem pesquisar algo. Páginas ligadas a institutos de pesquisa, a universidades e a outras instituições podem ser olhadas com mais confiança. Mesmo assim, é sempre aconselhável consultar diferentes fontes e comparar as informações.

As informações pesquisadas serão apresentadas na aula seguinte, ou na mesma, caso se opte por uma pesquisa rápida em sala. Nesse caso, você deve levar para a sala livros, revistas e artigos de jornal, bem como ma-

teriais de outras fontes para que a consulta seja possível. A socialização das informações pode ser feita mediante o preenchimento de uma tabela na lousa, conforme a sugestão a seguir.

Gás	Métodos de obtenção industrial	Usos
Oxigênio (O ₂)		
Nitrogênio (N ₂)		
Argônio (Ar)		
Neônio (Ne), criptônio (Kr) e xenônio (Xe)		

Grade de avaliação da Situação de Aprendizagem 1

Após a realização desta Situação de Aprendizagem, espera-se que os alunos reconheçam o ar atmosférico como sendo formado por uma mistura de gases. Não se deve esperar que todos entendam como os gases são separados nas torres de destilação. Basta que saibam que a separação industrial dos gases a partir do ar atmosférico é feita com base nas diferenças de suas temperaturas de ebulição e que, quando se destilam misturas de componentes com temperaturas de ebulição muito próximas, não se consegue uma boa separação, e sim uma mistura de gases mais rica no componente mais volátil. É interessante entender que destilações sucessivas permitem a obtenção de

frações cada vez mais ricas no componente mais volátil e que os gases assim obtidos são mais puros ou menos puros, dependendo do dimensionamento das torres de destilação.

É desejável também que eles consigam ler e extrair informações da tabela da composição média das temperaturas de ebulição dos componentes do ar atmosférico. Os alunos costumam apresentar muitas dificuldades em entender o significado físico de valores negativos de temperaturas; muitos costumam entender que, quanto maior o valor numérico (o valor em módulo), mais baixa é a temperatura de ebulição e mais volátil é o componente. Por esse motivo, sugerimos que, ao analisar a tabela, se forem notadas dificuldades, que sejam propostas mais questões de análise, mesmo que sejam repetitivas.

Com relação às questões propostas, espera-se que eles definam temperatura de ebulição como aquela em que a substância ferve ao passar do estado líquido para o gasoso. Como não foi estudada a pressão de vapor, não se espera a definição de temperatura de ebulição como aquela em que a pressão parcial do gás se iguala à pressão externa. A questão referente à explicação dos usos dos termos **temperatura de ebulição** e **temperatura de liquefação** parece fácil demais, mas é importante que se perceba o que está ocorrendo no sistema: se ocorre um aquecimento, com consequente mudança do estado líquido para o gasoso, ou se ocorre um resfriamento, com a mudança do estado gasoso para o líquido. Espera-se também que os conceitos de temperaturas de fusão e de ebulição (a pressões definidas) possam ser aplicados para prever o estado físico em que uma substância se encontra, tornando-os capazes de responder que, acima de $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$, o nitrogênio encontra-se no estado gasoso e que, a $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$, encontra-se no estado líquido. Quanto aos estados físicos dos componentes do ar, deverão responder que, a $-190\text{ }^{\circ}\text{C}$, o criptônio, o xenônio e o argônio encontram-se no estado sólido, que o oxigênio se encontra no estado líquido e que

o nitrogênio, o hidrogênio, o hélio e o neônio encontram-se no estado gasoso.

Sobre a obtenção do gás hélio, pode-se levantar a hipótese de que esse gás é obtido a partir de certas jazidas de gás natural, dada a baixa concentração com que se encontra na atmosfera, o que pode encarecer sua separação e não atender à demanda do mercado. Já na questão referente ao nitrogênio ser obtido em um prato situado acima de onde sai o oxigênio, pode-se explicar que isso se deve ao fato do nitrogênio ter uma temperatura de ebulição mais baixa que a do oxigênio.

A respeito da pesquisa sobre usos e obtenção de alguns gases, espera-se que a busca, a seleção e a síntese de informações permitam que os alunos conheçam algumas das aplicações dos gases obtidos a partir da destilação fracionada do ar em processos industriais e na vida diária atual, para valorizar o ar atmosférico enquanto fonte de matérias-primas.

A seguir, estão relacionadas breves informações sobre obtenção e usos desses gases que poderão contribuir na discussão da atividade de pesquisa proposta anteriormente.

Os gases oxigênio, nitrogênio, neônio, argônio, criptônio e xenônio são obtidos principalmente pela destilação fracionada do ar. O hélio é obtido de jazidas de gás natural e de petróleo por ser mais econômico (há jazidas que chegam a apresentar até 7% de hélio).

Alguns usos do gás oxigênio: na siderurgia, em soldas e corte metálicos, como comburente para foguetes, para respiração (misturado com gás hélio) em mergulhos ou trabalhos em minas profundas, para uso médico (para auxiliar a respiração, em aparelhos de respiração artifi-

cial, em terapias hiperbáricas) e tratamento de efluentes.

Alguns usos do gás nitrogênio: como matéria-prima para a síntese da amônia e do ácido nítrico, para a manutenção de atmosferas inertes (empacotamento de medicamentos, comercialização de flores, conservação de alimentos, indústria do aço); no estado líquido, como agente criogênico (congelamento de carnes e manutenção de materiais biológicos como sêmen e sangue).

Alguns usos do gás hélio: em balões e dirigíveis, em misturas com oxigênio para mergulhos e trabalhos em minas profundas, como agente criogênico (usado para estudos da supercondutividade).

Alguns usos do gás argônio: na produção de metais como zircônio e titânio e na soldagem de metais, em iluminação.

Um uso dos gases neônio, criptônio e xenônio: em iluminação.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 2

ESTUDO DA SÍNTESE E DA PRODUÇÃO INDUSTRIAL DA AMÔNIA A PARTIR DOS GASES NITROGÊNIO E HIDROGÊNIO

Esta Situação de Aprendizagem tem o objetivo de mostrar a importância do controle de condições externas – pressão e temperatura – em uma transformação química para que ela seja economicamente viável. Para tanto, será estudada a síntese da amônia dentro de uma perspectiva histórica e econômica. A ideia é de que existem transformações químicas reversíveis, nas quais os rea-

gentes se transformam até um determinado limite, vai ser introduzida ao ser sinalizado que existem fatores que podem mudar esse limite, essa extensão de reação. No próximo bimestre, será estudado o estado de equilíbrio químico enquanto processo dinâmico, assim como maneiras de se fazer previsões a respeito do rendimento de reações que entram em equilíbrio químico.

Tempo previsto: 4 aulas.

Conteúdos e temas: síntese da amônia pelo processo Haber; influência da pressão e da temperatura no controle da rapidez e do rendimento de transformações químicas; transformações químicas reversíveis que não se completam e entram em equilíbrio dinâmico.

Competências e habilidades: compreender como o contexto histórico, econômico e cultural se inter-relacionam e influenciam o desenvolvimento de um novo processo químico, no caso o da síntese da amônia; analisar dados para entender que existem transformações químicas que “não se completam” segundo as previsões estequiométricas; entender o que acontece em sistemas e processos químicos a partir de dados

apresentados em tabelas e em descrições de procedimentos experimentais (experimentos teóricos); valorizar o controle de variáveis em um processo de investigação.

Estratégias de ensino: discussões desencadeadas por perguntas e por análises de informações; leituras de texto seguidas de discussões.

Recursos: material escrito (cópias de textos acompanhados de perguntas abertas).

Avaliação: respostas dadas às questões propostas; realização das tarefas.

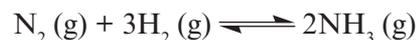
A contextualização do estudo será feita por meio da leitura orientada do texto a seguir. A leitura conjunta em voz alta permite melhor acompanhamento do estudo: pode-se orientar o entendimento das palavras desconhecidas para garantir que todos tenham lido até o mesmo ponto e que comecem a pensar nas respostas ao mesmo tempo. Dessa maneira, o tempo de aula pode ser mais bem aproveitado e as discussões das respostas mais proveitosas. Se você preferir, poderá dar uma aula expositiva dialogada envolvendo as ideias do texto.

Sugestão de como encaminhar a leitura do texto “Produção industrial da amônia pelo processo Haber-Bosch”

Este texto proposto é longo e as informações por ele fornecidas deverão permitir que se conclua que existem transformações químicas que alcançam o que os químicos chamam de “equilíbrio químico”, no qual produtos e reagentes coexistem, e que as quantidades de reagentes e produtos podem ser modificadas dependendo das condições de pressão e de temperatura a que o sistema é submetido.

Deverão entender que esse controle é fundamental para que processos químicos industriais sejam economicamente viáveis. Não é um texto de fácil leitura, pois apresenta um raciocínio sequenciado, o que exige um trabalho intelectual atento. O entendimento das ideias depende também da compreensão de dados tabelados. Independentemente da escolha da estratégia – leitura dirigida do texto ou aula expositivo-dialogada –, é desejável que seja salientado:

- ▶ Quando Haber começou o seu trabalho, já se sabia que a síntese da amônia aparentemente não se completava, pois, colocando-se quantidades estequiométricas de hidrogênio e de nitrogênio, chegava um momento em que a quantidade de amônia formada atingia um limite máximo que não mais se modificava com o passar do tempo.



Neste momento, pode-se ajudar os alunos a analisar a primeira tabela do texto, que apresenta a previsão teórica da quantidade de pro-

duto calculada pela estequiometria da reação e a quantidade obtida experimentalmente a uma determinada condição de pressão e temperatura. Note que falta completar a quantidade de amônia formada teoricamente, o que será proposto a seguir e que é a resolução da questão 1 do texto.

O primeiro passo seria solicitar que usem seus conhecimentos sobre estequiometria de reação para fazer esse cálculo. Essa ação exigirá um envolvimento mental ativo dos alunos e permitirá tirar alguma dúvida que surja na classe. As quantidades de matéria utilizadas (número de mols) foram propositalmente fáceis para que não haja dificuldade matemática em perceber que a quantidade de amônia obtida foi menor do que a prevista estequiométricamente. Caso sejam apresentadas dificuldades para se fazer a previsão, pode-se retomar o balanceamento de equações químicas mediante exercícios simples e pedir previsões em termos de moléculas e de mols de moléculas.

Após a previsão teórica da quantidade de amônia, podem-se dar alguns minutos para se promover uma discussão na classe sobre a questão 2 proposta no texto, referente ao que “aconteceu na realidade”. Após terem concluído que suas previsões estequiométricas não se realizaram, pode-se apresentar aos alunos a ideia de que existem reações que, em determinadas condições de pressão e de temperatura, atingem um limite máximo de formação de produtos, depois do que, não importa quanto tempo se passe,

as quantidades de produtos e de reagentes permanecem constantes. Na linguagem química, é dito que essas reações entraram em equilíbrio químico.

Uma das dificuldades de aprendizagem apontadas pela literatura referente ao equilíbrio químico diz respeito ao fato de se acreditar que, em sistemas que atingiram o equilíbrio químico, as quantidades de reagentes são iguais às quantidades dos produtos formados. Essa ideia indesejável pode estar associada à ideia de igualdade atribuída à palavra equilíbrio. Também se faz a associação de ideia de equilíbrio a uma balança de pratos que, quando em equilíbrio, apresenta as mesmas massas nos dois pratos. Palavras como equilíbrio e equilíbrio químico são exemplos de palavras-chave, isto é, palavras que abrigam conceitos e definições ou que sistematizam assuntos. Em situações de conflito de significados, alguns professores sugerem o confronto direto. No nosso caso, a sugestão seria que fossem levantadas as ideias dos alunos associadas à palavra equilíbrio. Depois, que lhes fosse dito diretamente que, em Química, um sistema atinge um equilíbrio químico quando as quantidades de reagentes e de produtos, naquelas condições de pressão e de temperatura, não mais se alteram. Isso, entretanto, não significa que as quantidades de reagentes e de produtos tenham de ser iguais.

Neste momento, a ideia de transformações químicas que não se completam de acordo com as previsões estequiométricas é

é aplicada a outras transformações químicas. Isso se dá por intermédio da questão 3, que analisa se a reação de queima de álcool etílico é um equilíbrio químico, e a seguir pela questão 4, a qual pede que se reconheça qual entre as duas transformações químicas – a queima do carvão ou a formação do tetróxido de dinitrogênio – atingiu um estado de equilíbrio químico.

Caso você ache necessário, outras perguntas e exercícios podem ser propostos para que se reflita sobre o que foi estudado até aqui. Por exemplo:

- ▶ Foram colocadas para reagir uma substância **A** e uma substância **B** em um sistema fechado. Após certo tempo, não se pode mais detectar a presença nem de **A** nem de **B**, mas pode-se detectar a presença de uma nova substância **X**. Considerando que, durante todo o processo, a massa do sistema se manteve constante, você diria que essa transformação atingiu um equilíbrio químico? Justifique.
- ▶ Num recipiente vazio, de capacidade de 1 litro, é introduzido 0,8 mol de um composto **A** e 0,8 mol de um composto **B**. Esses compostos reagem lentamente segundo a equação:



Após certo tempo, verifica-se que se formou 0,6 mol de C e 0,6 mol de D, e que essas quantidades se mantêm constantes.

- a) Você diria que essa reação atingiu um equilíbrio químico? Justifique.
- b) Quantos mols de A e de B coexistem com C e D?

Ao prosseguir com a discussão, podem-se retomar as conclusões anteriores, em que no estado de equilíbrio químico coexistem reagentes e produtos em quantidades constantes, mas não necessariamente iguais, e pode-se continuar a leitura do texto ou sua aula, destacando os passos de Haber para tentar achar uma maneira de obter maior quantidade de amônia a partir da reação entre os gases hidrogênio e nitrogênio.

Os pontos a ser considerados seriam:

- ▶ Fritz Haber, cientista alemão (1868-1934), verificou que, se a síntese fosse realizada a temperaturas baixas (cerca de 100 °C), essa transformação seria muito lenta, porém formaria bastante amônia, ou seja, o rendimento da reação seria alto. Porém, a transformação química é tão lenta que se tornaria inviável em termos de produção industrial.
- ▶ Se a síntese fosse realizada a temperaturas altas (cerca de 1 000 °C), essa transformação seria muito rápida. Entretanto, obter-se-ia muito pouca amônia gasosa, ou seja, o rendimento da reação seria muito baixo. Nessas condições, a transformação também não seria viável em escala industrial.
- ▶ Haber testou em laboratório diferentes combinações de pressões e temperaturas,

tentando conseguir um rendimento que permitisse uma produção industrial de amônia economicamente viável, ou seja, um processo não tão lento, mas ao mesmo tempo com um rendimento alto.

Você pode então analisar a tabela do texto que relaciona as porcentagens de amônia formada a partir de reações entre quantidades estequiométricas de nitrogênio e hidrogênio usando as perguntas sugeridas na sequência do texto (de 5 a 12). Caso ache necessário, pode fazer mais perguntas para que fique claro que há uma interdependência entre as condições de pressão e de temperatura e o tempo e a quantidade de amônia formada. Exemplos de questões: “Quais seriam as condições de pressão e de temperatura em que se formaria a menor porcentagem de amônia? Caso o compressor disponível só conseguisse pressões de, no máximo, 300 atm, qual temperatura seria a mais adequada para que se obtivesse a maior quantidade possível de amônia?”.

Assim, deve ficar claro que a escolha da temperatura e da pressão influi diretamente na quantidade de amônia que será obtida.

A ideia de reversibilidade será introduzida analisando-se a maneira pela qual mudanças nas condições de pressão e de temperatura em um mesmo sistema puderam mudar as quantidades de amônia obtidas. Avalie o entendimento dos alunos pedindo que eles localizem no texto como se pode concluir que:

- ▶ em transformações que não se completam, reagentes e produtos coexistem;

- ▶ as condições de pressão e de temperatura influem na quantidade de amônia formada;
- ▶ a reação de síntese da amônia é reversível.

O processo industrial de obtenção da amônia ainda teve de ser aperfeiçoado, e as seguintes informações devem ser fornecidas:

- ▶ na época, já se tinha conhecimento de substâncias que catalisam transformações químicas, e Haber procurou um catalisador que pudesse acelerar a síntese da amônia sem ter de aumentar a temperatura. Para tanto, fez reagir os gases hidrogênio e nitrogênio sobre as superfícies de diferentes metais (catalisadores);
- ▶ na época, mesmo sabendo-se que o aumento da pressão ocasionaria aumento no rendimento da amônia formada, não se dispunha de compressores que permitissem pressões superiores a 300 atm;
- ▶ a descoberta do processo Haber deu-se em 1909, às vésperas da I Guerra Mundial, e o desenrolar da História poderia ter sido muito diferente se os alemães não dispusessem de amônia para produzir fertilizantes agrícolas e explosivos;
- ▶ a obtenção da amônia em escala industrial mostra a importância de serem compreendidas e controladas as condições de pressão e de temperatura de uma transformação química para que esta seja economicamente viável.

Mesmo sem a pretensão de se fazer um estudo de caso, optou-se por uma introdução ao equilíbrio químico por meio da síntese da amônia inserida no contexto histórico e econômico (Alemanha, início do século XX, pouco antes de ser deflagrada a I Guerra

Mundial). Visa-se com isso entender a busca do ser humano por matérias-primas nos recursos naturais de que dispõe, e a sua tentativa de transformá-las de acordo com suas necessidades. No caso, foram usados recursos do ar atmosférico.

Texto – Produção industrial da amônia pelo processo Haber-Bosch

Parte 1

Desde o final do século XVIII já se sabia que a amônia é formada a partir dos gases hidrogênio e nitrogênio na proporção de 3:1 e que podia ser obtida pela reação abaixo representada.



Na Europa do início do século XX, a amônia era matéria-prima para a fabricação de fertilizantes nitrogenados, indispensáveis para que a produção agrícola fosse suficiente para alimentar a todos. Compostos nitrogenados também eram usados na indústria bélica, porém eram diretamente obtidos a partir do salitre (NaNO_3) proveniente de minas do Chile. Em 1900, o Chile exportou 1 milhão de toneladas de salitre, dos quais $\frac{1}{3}$ foi para a Alemanha. Alguns anos mais tarde, a exportação anual do Chile ultrapassou 2,5 milhões de toneladas. Além do inconveniente de o Chile poder ditar os preços do salitre,

havia o problema da exaustão de suas minas e, em decorrência, o perigo da fome. Vários países europeus buscaram desenvolver métodos para sintetizar compostos nitrogenados. Alguns métodos foram desenvolvidos, porém consumiam muita energia e produziam pouca amônia. Esses processos eram indiretos ou exigiam muita energia para produzir uma quantidade muito pequena de compostos nitrogenados. A Alemanha também estava empenhada em desenvolver um método de obtenção de amônia usando como matéria-prima o nitrogênio do ar.

Já se sabia que a síntese da amônia aparentemente não se completava, pois, empregando-se quantidades estequiométricas de hidrogênio e de nitrogênio, chegava um momento em que a quantidade de amônia formada atingia um limite máximo. Depois desse limite, pode-se esperar horas, dias, e, se a temperatura e a pressão forem mantidas constantes, a análise dos produtos vai mostrar sempre a mesma quantidade de amônia formada. A esse limite máximo dá-se o nome de extensão da transformação química.

Observe a tabela a seguir, que apresenta um exemplo de quantidades envolvidas na síntese da amônia a partir dos gases hidrogênio e nitrogênio realizada em sistema fe-

chado, em determinada condição de pressão e de temperatura. Para uma certa quantidade inicial dos reagentes empregados na síntese da amônia são apresentados os valores das

quantidades de amônia previstos teoricamente e os obtidos experimentalmente, assim

como as dos reagentes que coexistem com a amônia.

	Estado inicial		Estado final		
	Reagentes (mol)		Produto formado (mol)	Reagentes não transformados (mol)	
	N ₂	H ₂	NH ₃	N ₂	H ₂
Previsão teórica (estequiométrica)	100,00	300,00		0,00	0,00
Realidade	100,00	300,00	135,00	32,50	97,50

Tabela que apresenta as previsões teóricas de produtos (de acordo com a estequiometria da transformação química) e as quantidades obtidas experimentalmente a uma determinada condição de pressão e de temperatura.

Adaptada de: GEPEQ. *Interações e transformações II*: re-elaborando conceitos sobre transformações químicas: cinética e equilíbrio. São Paulo: Edusp, 1995, p. 25.

1. Lembrando que a equação balanceada que representa a síntese da amônia é:



observe os dados tabelados, faça uma previsão teórica de quanta amônia deveria ser formada com base na equação balanceada e complete a tabela no seu caderno.

2. Observe o que ocorreu na realidade:

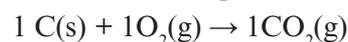
- ▶ Foi formada toda a amônia que se esperava de acordo com a previsão teórica?
- ▶ Que gases estão presentes no sistema depois da transformação química ter atingido o seu limite máximo, sua extensão máxima?

Quando, em um sistema fechado, a uma determinada pressão e a uma determinada temperatura, a transformação química atinge sua extensão máxima, isto é, quando coexistem reagentes e produtos e suas quantidades não se modificam mais ao longo do tempo, diz-se que a transformação química atingiu um estado de equilíbrio químico.

3. A reação de queima do carvão completa-se, isto é, a previsão teórica é confirmada na prática. Pode-se dizer que essa é uma transformação química que entra em equilíbrio químico? Explique.

4. Na tabela a seguir são apresentados dados hipotéticos (obtidos em uma determinada pressão e temperatura) relativos às quantidades de produtos obtidos nas transformações químicas da combustão completa do carvão e da formação do tetróxido de dinitrogênio. São dadas as equações balanceadas dessas transformações:

► Combustão completa do carvão:



► Formação do tetróxido de dinitrogênio:



Transformação	Previsão teórica (estequiométrica)				Realidade			
	Reagentes (mol)		Produtos (mol)	Reagentes não transformados	Reagentes (mol)		Produtos (mol)	Reagentes não transformados (mol)
Combustão completa do carvão	10 C (s)	10 O ₂ (g)	10 CO ₂ (g)	0	10 C (g)	10 O ₂ (g)	10 CO ₂ (g)	0
Formação do tetróxido de dinitrogênio	10 NO ₂ (g)		5 N ₂ O ₄ (g)	0	10 NO ₂ (g)		3 N ₂ O ₄ (g)	4 NO ₂ (g)

As medidas foram colhidas até que as quantidades de produtos e de reagentes não se alterassem mais. Analise os dados da tabela

acima e responda: Alguma dessas reações atingiu o equilíbrio químico? Justifique.

Parte 2

Fritz Haber, cientista alemão (1868-1934, prêmio Nobel 1918), começou a testar diferentes condições para a reação de síntese da amônia a partir dos gases nitrogênio e hidrogênio. Fez reagir hidrogênio e nitrogênio gasosos na proporção de 3:1 em diferentes temperaturas. Constatou que:

- em uma temperatura mais baixa, a transformação ocorria mais lentamente, mas se obtinha mais amônia;



Fritz Haber

© Hulton Archive/Getty Images

- ▶ em uma temperatura mais alta, a transformação ocorria mais rapidamente, mas se obtinha menos amônia.
- ▶ A altas temperaturas (perto de 1 000 °C), o processo era economicamente inviável; gastava-se muito combustível e obtinha-se pouca amônia.
- ▶ A temperaturas mais baixas (cerca de 100 °C), obtinha-se uma quantidade apreciável de amônia, mas o tempo gasto era muito grande, ou seja, também era economicamente inviável.

Seu próximo passo foi testar diferentes condições de pressão e de temperatura que permitissem uma síntese mais rápida e com bom rendimento. Para tanto, fixou diversas temperaturas e variou, para cada uma delas,

as pressões. Depois, fixou diversas pressões e variou as temperaturas. Considerou as sínteses como terminadas quando a quantidade de amônia formada se manteve constante. Obteve dados como os da tabela seguinte:

Porcentagens de amônia formada a partir de misturas 3:1 de H₂:N₂

Pressão (atm) / Temperatura (°C)	200	300	400	500
400	38,7	47,8	58,9	60,6
450	27,4	35,9	42,9	48,8
500	18,9	26,0	32,2	37,8
550	12,8	18,4	23,5	28,3
600	8,80	13,0	17,0	20,8

Extraído de: GEPEQ. *Interações e transformações II*: re-elaborando conceitos sobre transformações químicas: cinética e equilíbrio. São Paulo: Edusp, 1995, p. 26.

5. Observando essa tabela, qual seria a melhor condição de pressão e de temperatura para que se obtivesse a maior quantidade possível de amônia?
6. O que você faria para obter mais amônia (obter melhor rendimento) a 400 °C? E a 500 °C?
7. Você diria que mudanças de pressão alteram o rendimento da reação de síntese da amônia?
8. Qual o rendimento da síntese da amônia a 400 °C e 500 atm de pressão? E qual o rendimento da síntese da amônia a 600 °C e 500 atm de pressão?

9. Você diria que mudanças na temperatura modificam o rendimento da reação de síntese da amônia?

Vamos analisar mais uma situação: considere que um analista químico resolveu repetir o experimento de Haber. Colocou em um frasco gás hidrogênio e gás nitrogênio na proporção de 3:1 (proporção estequiométrica) a 400 °C e a uma pressão de 200 atm. Começou a se formar amônia. Esperou até que a quantidade de amônia não se modificasse mais, ou seja, até que o equilíbrio químico fosse alcançado.

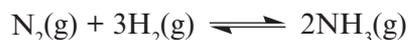
10. Que gases há nesse frasco? Justifique.

Agora, o químico pegou o mesmo frasco em que obteve a amônia e aumentou a temperatura do sistema para 500 °C, mantendo a pressão de 200 atm. Esperou até que a quantidade de amônia não se alterasse mais.

11. Que gases há nesse frasco?

12. O que aconteceu com a quantidade de amônia a essa temperatura após o sistema ter alcançado o novo equilíbrio químico: aumentou ou diminuiu? Olhe a tabela.

Lembre-se: a equação que representa a síntese da amônia é dada por:



Como, ao se aumentar a temperatura, a quantidade de amônia diminuiu e como o sistema é fechado, uma possível explicação é admitir que a

amônia formada se decompôs nos reagentes. Então, podemos dizer que a reação é reversível, ou seja, que se pode processar no sentido da formação da amônia e da decomposição da amônia.

Como já tínhamos concluído anteriormente, quando, em uma determinada pressão e a uma determinada temperatura, a transformação atinge sua extensão máxima, isto é, quando coexistem reagentes e produtos e suas quantidades não se modificam, diz-se que a transformação química atingiu o estado de equilíbrio químico.

Agora podemos ampliar essa ideia, pois percebemos que, se mudarem as condições de pressão ou de temperatura em que uma transformação química se processa, pode-se mudar a quantidade-limite de produtos formados, ou seja, mudando a temperatura ou a pressão, a extensão da transformação química muda. Continuam, porém, coexistindo reagentes e produtos no meio reacional, só que em quantidades diferentes.

Parte 3

Haber, por ser pesquisador, também sabia da existência de substâncias que catalisam transformações químicas; procurando por um método de produção que consumisse menos energia, fez reagir hidrogênio e nitrogênio sobre as superfícies de diferentes metais, buscando maneiras mais rápidas de obtenção da amônia; verificou que, quando a transformação ocorria sobre ferro aquecido, o equilíbrio químico era atingido

mais rapidamente. Mais tarde, Carl Bosch, um engenheiro alemão (1874-1940), aperfeiçoou o processo Haber, que ficou sendo conhecido como processo Haber-Bosch, e é usado até hoje.

Enfim, a obtenção industrial da amônia mostra a importância de serem compreendidos os fatores que podem influenciar a rapidez e a extensão com que uma transformação química acontece. No caso da amônia, o aumento da temperatura aumenta a rapidez com que a

reação atinge o seu limite (o equilíbrio químico), depois do qual a quantidade de amônia não se altera mais. Por outro lado, o aumento da temperatura diminui a extensão da transformação, isto é, menor quantidade de amônia é formada. Diante desses fatos, é necessário escolher valores de pressão e de temperatura que permitam obter a maior quantidade de amônia possível no menor tempo possível para ser econômica e ambientalmente viável.

Como se faz isso? É necessário saber analisar e calcular os diferentes rendimentos, nas diferentes condições de temperatura e de pressão, e verificar para cada uma delas: Quanta energia foi utilizada (afinal, o sistema opera em temperaturas em torno de 400 °C)? Qual o custo econômico e ambiental dessa energia? Haveria fontes de energia mais limpas e menos poluentes, mas que ainda fossem economicamente viáveis?

Recentemente, em 2004, Paul Chirik coordenou uma equipe de pesquisadores da Universidade Cornell (Estados Unidos) que conseguiu quebrar as ligações entre os átomos de uma molécula de gás nitrogênio utilizando uma solução contendo zircônio, adicionando

gás hidrogênio e obtendo gás amoníaco, sem a necessidade nem de altas temperaturas nem de altas pressões. A conversão para amônia foi feita a 85 °C. O foco da busca agora é encontrar um catalisador para essa reação de modo que ela possa ser utilizada em escala industrial.

Para concluir o estudo, será ressaltada a importância do nitrogênio nos sistemas natural e produtivo, solicitando aos alunos que busquem em seus livros de Biologia o ciclo do nitrogênio para perceberem que a síntese de proteínas, indispensáveis à vida, não seria possível sem o nitrogênio.

A discussão do ciclo do nitrogênio apontará para a importância de compostos amoniacais na fertilização dos solos. Para que a importância dos fertilizantes seja reforçada, pode-se selecionar alguma notícia de jornal que discuta a alta dos preços dos alimentos e que a relacione com a substituição de lavouras destinadas à produção de alimentos por lavouras destinadas à produção de biocombustíveis.

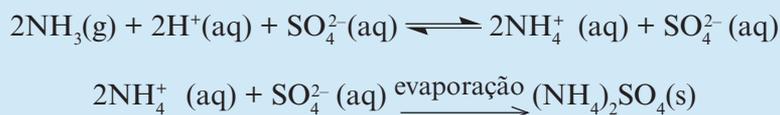
Para subsidiar melhor a discussão, pode-se informar que, segundo dados divulgados pela Fiesp em um documento que aponta as perspectivas de custos de produção agropecuária para 2008 (Disponível em: <http://www.fiesp.com.br/irs/agronegocio/pdf/transpar%C3%A0ncias_cosag_11_02_08_mario_alves_barbosa_netto.pdf>. Acesso em: 5 ago. 2008), a demanda por alimentos no mundo está aumentando, e o aumento do preço do petróleo pressiona a produção de biocombustíveis, o que pode acarretar uma diminuição da oferta de alimentos, principalmente de grãos. Conseqüentemente, poderá ocorrer diminuição dos estoques mundiais, causando aumento nos preços. O mesmo documento informa também que são necessárias grandes quantidades de fertilizantes para poder suportar uma produção agrícola capaz de alimentar a população

mundial e para produzir matéria-prima para os biocombustíveis, o que pode acarretar uma alta no preço dos fertilizantes, a qual se refletiria no preço final dos alimentos. O Brasil é o quarto país consumidor de fertilizantes, tendo consumido em 2006 cerca de 7% da produção mundial, dos quais 74% representam importações. Essa dependência econômica pode ser discutida, assim como o impacto de uma alta nos preços de alimentos na qualidade de vida da população.

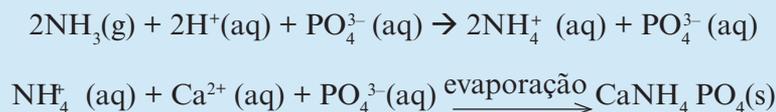
Para que se conheçam quimicamente as substâncias presentes nos fertilizantes, você pode trazer rótulos desses produtos e pedir aos alunos

que tentem explicar o significado da sigla NPK. Serão encontrados diferentes sais de potássio, de amônio e de fósforo, fundamentais para uma boa fertilização dos solos. Como o foco do estudo são o nitrogênio e a amônia, pode-se então destacar algumas substâncias nitrogenadas fabricadas a partir da amônia e presentes em fertilizantes, tais como a ureia ($(\text{NH}_2)_2\text{CO}$), o nitrato de amônio (NH_4NO_3), o sulfato de amônio ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$), o cloreto de amônio (NH_4Cl), o fosfato de cálcio e amônio (CaNH_4PO_4) e o nitrato de amônio e cálcio ($\text{CaNH}_4(\text{NO}_3)_3$), entre outras. Seguem as reações envolvidas na obtenção de duas delas:

Obtenção do sulfato de amônio:

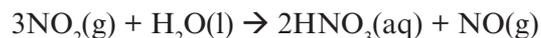
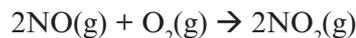


Obtenção do fosfato de cálcio e amônio:



A amônia também é importante matéria-prima na fabricação de plásticos, de barrilha – processo Solvay, que será estudado com detalhes no próximo bimestre – e do ácido nítrico.

O ácido nítrico era inicialmente obtido a partir da reação do salitre do Chile com ácido sulfúrico. Atualmente, é obtido a partir da oxidação da amônia. As reações envolvidas encontram-se abaixo representadas:



O ácido nítrico é importante matéria-prima industrial. É usado diretamente na decapagem de metais, na síntese de ácido sulfúrico, para fazer gravações em metais, entre outras aplica-

ções. É usado na fabricação de nitratos inorgânicos e orgânicos e de nitroderivados orgânicos de grande importância comercial. Muitos nitratos e nitrocompostos são usados na fabricação de explosivos, tais como o nitrato de amônio, a nitrocelulose e a nitroglicerina. A anilina, matéria-prima para corantes e pigmentos, é obtida a partir da reação entre o ácido nítrico com compostos orgânicos aromáticos.

Como tarefa, os alunos podem ser solicitados a registrar em seus cadernos a importância do gás nitrogênio, da amônia e de seus derivados. Podem ser também solicitados a encontrar exemplos de produtos industriais e naturais importantes que façam parte de sua vida e que contenham nitrogênio ou seus derivados.

As seguintes perguntas podem ser adiantadas aos alunos para problematizar a próxima Situação de Aprendizagem:

- ▶ O que significam as duas setas usadas na equação de síntese da amônia?
- ▶ Haber fez reagir o gás hidrogênio com o gás nitrogênio sobre uma superfície aquecida de ferro metálico. A obtenção da amônia deu-se mais rapidamente. Qual o papel do ferro?
- ▶ Como explicar que o aumento da temperatura aumenta a velocidade da síntese da amônia?

Essas questões serão estudadas e respondidas na Situação de Aprendizagem 3.

Algumas observações

Deve-se tomar cuidado para, ao descrever o estado de equilíbrio químico, não dizer frases como “Após atingir um estado de equilíbrio químico, não se formam mais produtos”. Nós sabemos que, com isso, queremos dizer que, após atingir um equilíbrio químico, a concentração dos produtos não mais se altera (assim como a dos reagentes), mas o aluno pode pensar que a transformação ocorre somente até aquele ponto, após o qual ela para de acontecer, deixando comprometida a ideia de equilíbrio dinâmico e de reversibilidade.

Nesta Situação de Aprendizagem optou-se por sempre se falar em quantidade, em vez de concentrações, para facilitar o entendimento. Neste momento, isso ainda é possível; quando forem exigidas previsões, o equilíbrio químico será discutido em termos de concentração.

Controlar variáveis é uma atitude muito importante tanto ao se fazer investigações científicas quanto na vida diária. Observar e analisar uma situação, controlar variáveis, olhar todos os ângulos antes de fazer suposições e pular para conclusões e decisões precipitadas são atitudes que se podem aprender para se viver melhor em sociedade. O estudo deste texto permite esse desenvolvimento. Por exemplo, ao se avaliar a influência da temperatura e da pressão na rapidez e na extensão da síntese da amônia, somente uma variável era analisada por vez: as outras eram fixadas.

Grade de avaliação da Situação de Aprendizagem 2

Com o estudo da síntese da amônia, espera-se que os alunos entendam que existem transformações químicas que não obedecem às previsões estequiométricas, ou seja, que em um determinado momento alcançam o que se chama de equilíbrio químico, após o que as quantidades dos produtos não mais se alteram. Espera-se também que entendam que, no estado de equilíbrio químico, coexistem reagentes e produtos, e que as quantidades dessas espécies dependem da temperatura e da pressão a que o sistema está submetido. Somente no próximo bimestre serão estudados o estado de equilíbrio enquanto processo dinâmico e as maneiras de fazer previsões a respeito do rendimento de reações que entram em equilíbrio químico.

Com relação às questões 1 e 2, deverão responder que, pela previsão estequiométrica, deveriam ter sido formados 200 mols de amônia, mas que os dados tabelados informam que, na realidade, foram formados somente 135 mols, e que, após a transformação ter alcançado sua extensão máxima, estão presentes em solução os gases hidrogênio, nitrogênio e amônia. Ao responderem às questões 3 e 4, deverão perceber que somente a reação de formação do tetróxido de dinitrogênio alcança um estado de

equilíbrio químico, pois seu rendimento é inferior à previsão teórica e porque, após a transformação ter alcançado sua extensão máxima, coexistem no sistema os gases NO_2 e N_2O_4 .

As perguntas de 5 a 9 pretendem que eles observem, analisem e relacionem dados experimentais tabelados para que possam compreender que mudanças nas condições de pressão e de temperatura de um sistema gasoso em equilíbrio químico afetam as quantidades de espécies químicas nele presentes. Deverão ser capazes de reconhecer que 400 °C e 500 atm são as condições que permitem maior obtenção de amônia. Deverão também ser capazes de concluir que o aumento da pressão e a diminuição da temperatura favorecem a formação da amônia, modificando, conseqüentemente, a extensão dessa reação. As perguntas de 10 a 12 buscam permitir que se apliquem as ideias anteriormente discutidas, conseguindo sintetizá-las ao responderem que, no frasco, coexistem os gases N_2 , H_2 e NH_3 , pois a síntese da amônia é uma transformação que entra em equilíbrio químico, e que, ao se aumentar a temperatura mantendo-se a pressão constante, a quantidade de amônia (a extensão da transformação) deve diminuir.

Nesta Situação de Aprendizagem, também deverão conhecer a importância da amônia nos sistemas natural e produtivo.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 3

É POSSÍVEL ALTERAR A RAPIDEZ COM QUE UMA TRANSFORMAÇÃO QUÍMICA OCORRE?

Nos tópicos anteriores, foi discutida a síntese da amônia a partir dos gases nitrogênio e hidrogênio. Pôde-se notar que foi muito importante controlar as condições experimentais adotadas para que houvesse rendimento satisfatório, considerando-se a extensão e a rapidez da transformação. Também é importante conhecer os fatores que afetam a rapidez das transformações para controlar outros processos, como a degradação dos alimentos ou a corrosão de estruturas metálicas. É clara, então, a necessidade de compreender como alterar a rapidez das transformações.

A expressão velocidade, comumente usada nos livros didáticos, pode não ser a mais adequada para descrever diferenças nos tempos em que ocorrem as transformações químicas, pois sugere que a grandeza medida tem caráter

vetorial (deslocamento/tempo). A expressão taxa de transformação seria mais interessante, pois a grandeza em questão mede a quantidade de reagentes transformados, ou a quantidade de produtos formados em certo intervalo de tempo. Também pode ser usada a expressão rapidez das transformações químicas.

Para discutir a influência da variação da temperatura, do estado de agregação, da concentração e da pressão sobre a rapidez das transformações, são propostos experimentos simples, que envolvem materiais de baixo custo e que podem ser realizados em sala de aula. Nessa etapa inicial, a abordagem dos fatores que afetam a rapidez das reações deve ser feita em nível macroscópico, sem entrar nas discussões relacionadas ao comportamento dos átomos.

Tempo previsto: 5 aulas.

Conteúdos e temas: variáveis que podem modificar a rapidez de uma transformação química (concentração, temperatura, pressão, estado de agregação e presença do catalisador) e procedimentos experimentais relativos a esse estudo.

Competências e habilidades: organizar, relacionar e interpretar dados para chegar a conclusões sobre as variáveis que podem alterar a rapidez com que uma transformação química ocorre; recorrer aos conhecimentos desenvolvidos sobre as variáveis que podem afetar a rapidez do processo de deterioração dos alimentos para a elaboração de propostas de intervenção solidária na sociedade; reconhecer o papel da Química no sistema produtivo, analisando a importância dos estudos relacionados ao uso dos catalisadores.

Estratégias de ensino: experimentos e questões apresentadas nos roteiros.

Recursos: materiais para a execução dos experimentos; roteiros de trabalho.

Avaliação: questões referentes às atividades experimentais desenvolvidas e problemas que exijam a aplicação dos conceitos aprendidos.

Para iniciar a atividade, pode-se solicitar que os alunos retomem as ideias discutidas na Situação de Aprendizagem 2. Isso pode ser feito com a seguinte questão: retome o texto lido na atividade anterior e aponte os fatores que podem afetar a rapidez da síntese da amônia. Pode também perguntar: “Será que existem outros fatores que podem modificar a rapidez de transformações químicas?”.

Dando continuidade ao estudo, você poderá propor experimentos que os levem a reconhecer e a analisar como as variações da temperatura e do estado de agregação dos materiais podem afetar a rapidez de uma transformação química.

Cópias dos procedimentos experimentais poderão ser distribuídas para grupos de três ou quatro alunos. Nesse caso, os comprimidos efervescentes podem ser cortados previamente em quatro partes, de forma a usar dois quartos na parte I e o restante na parte II. Se não se dispuser de laboratório, pode-se fazer o experimento na sala de aula, pedindo o auxílio de alguns alunos. A água quente e a água gelada podem ser armazenadas em garrafas térmicas. É importante pedir o registro por escrito das respostas às questões propostas nos roteiros para posterior discussão.

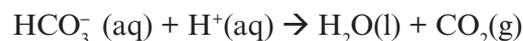
Experimento 1 – Estudando a rapidez da transformação química envolvendo comprimido efervescente¹ e água

Certos comprimidos antiácidos contêm hidrogenocarbonato de sódio² e ácido cítrico, que reagem entre si quando colocados em

¹ O comprimido pode ser de sal de fruta ou vitamina C efervescente.

² Em todas as ocorrências, onde se lê “bicarbonato de sódio” leia-se “hidrogenocarbonato de sódio”.

água. Essa transformação pode ser assim representada:



É possível modificar a rapidez dessa transformação química? Como isso poderia ser feito? Neste experimento, encontraremos respostas para essas questões.

Parte I – Como a temperatura pode afetar a rapidez de uma transformação química?

Antes de iniciar o experimento, reflita e responda por escrito:

- ▶ Um comprimido efervescente leva o mesmo tempo para reagir completamente na água quente e na água gelada? Justifique.

Agora, leia o procedimento a seguir com atenção e execute o que for pedido.

Materiais

- ▶ 1 comprimido efervescente;
- ▶ 2 copos transparentes e incolores;
- ▶ Água gelada;
- ▶ Água quente.

Procedimento

- ▶ Divida o comprimido efervescente em quatro partes iguais. Preserve duas partes para a Parte II deste experimento.

- ▶ Coloque água quente em um dos copos até metade de sua capacidade.
- ▶ Faça o mesmo com a água gelada no outro copo.
- ▶ Adicione, simultaneamente, um pedaço do comprimido em cada copo. Observe e responda às questões a seguir em seu caderno.

Questões

1. Quais diferenças você observa na transformação química estudada quando se utiliza água em diferentes temperaturas?
2. Qual é a relação que pode ser estabelecida entre o tempo de ocorrência de uma transformação química e sua rapidez?
3. A variação da temperatura da água afetou a rapidez da reação estudada? Por quê?
4. Suas previsões foram coerentes com os resultados? Se isso não ocorreu, explique as diferenças.

Parte II – Como a superfície de contato pode afetar a rapidez de uma transformação química?

Antes de iniciar o experimento, reflita e responda por escrito:

Um comprimido efervescente triturado leva o mesmo tempo para reagir completamente que um comprimido efervescente inteiro? Justifique.

Agora, leia o procedimento a seguir com atenção e execute o que for pedido.

Materiais

- ▶ Duas partes do comprimido efervescente reservadas na parte I do experimento;
- ▶ Água à temperatura ambiente;
- ▶ 2 copos transparentes e incolores;
- ▶ Colher de sopa;
- ▶ Pires.

Procedimento

- ▶ Coloque água à temperatura ambiente nos dois copos até a metade da sua capacidade.
- ▶ Utilizando a colher, triture um dos pedaços do comprimido efervescente sobre um pires.
- ▶ Adicione simultaneamente o pedaço do comprimido inteiro em um dos copos e o pedaço triturado no outro. Observe e responda às questões a seguir em seu caderno.

Questões

1. Em qual das situações houve maior superfície de contato entre os reagentes? Justifique.
2. Quais diferenças você observa na transformação química estudada quando se utiliza comprimido efervescente em diferentes estados de agregação?

3. A variação da superfície de contato afetou a rapidez da reação estudada?
4. Suas previsões foram coerentes com os resultados? Se isso não ocorreu, tente explicar as diferenças.

Para a análise dos resultados, devem ser retomadas as previsões feitas antes de cada experimento, devendo os alunos explicar possíveis incoerências entre elas e os resultados obtidos.

Na Parte I do Experimento 1, eles irão observar que a reação estudada ocorre em menor tempo quando se utiliza água quente. Devem compreender que, quanto menor o tempo em que os produtos são formados (ou os reagentes são consumidos), maior será a rapidez da reação. Dessa forma, devem concluir que o experimento realizado em água quente teve rapidez maior do que aquele realizado em água gelada.

Na Parte II do Experimento 1, devem atentar para as diferenças de agregação dos pedaços de comprimido utilizados (um está triturado e o outro está inteiro). Devem perceber que, quanto mais triturado estiver o comprimido, maior será sua superfície de contato com a água e que, quando esta é maior, o tempo em que ocorre a reação tenderá a ser menor e a rapidez, maior.

As discussões devem levar à conclusão de que o aumento de temperatura e da superfície

de contato aumentam a rapidez das transformações. É importante frisar que essas modificações podem ou não ter efeito observável, dependendo da situação estudada.

Na próxima etapa da atividade, ampliam-se os estudos sobre as variáveis que podem afetar a rapidez de uma transformação, abordando o efeito da variação da concentração dos reagentes. A atividade experimental proposta pode ser aplicada da mesma forma que o Experimento 1. Para que se consiga responder à pergunta inicial apresentada no roteiro, o conceito de concentração deve estar bem claro. A retomada pode ser feita comparando-se um copo com suco de frutas concentrado com outro contendo o mesmo suco diluído, atendo-se para diferenças na intensidade da cor. O conceito de diluição como acréscimo de solvente, causando diminuição da concentração das soluções, deve ser bem compreendido, mas não há necessidade de abordar, neste momento, os cálculos envolvidos nesse processo.

Experimento 2 – Estudando a rapidez da transformação química envolvendo bicarbonato de sódio e vinagre

Quando o bicarbonato de sódio entra em contato com uma solução ácida, forma-se gás carbônico, que se desprende causando efervescência no sistema, conforme descrito pela equação a seguir:



Seria possível modificar a rapidez dessa transformação química sem modificar a temperatura e a superfície de contato entre o bicarbonato de sódio e a solução de vinagre? Como isso poderia ser feito? Neste experimento, encontraremos respostas para estas questões.

Antes de iniciar o experimento, reflita e responda por escrito:

Na reação do bicarbonato com ácido há formação de gás carbônico. Esta reação ocorrerá com a mesma velocidade se utilizarmos soluções com concentrações diferentes de vinagre (é importante lembrar que o vinagre contém ácido acético)? Considere que foram utilizadas quantidades iguais de bicarbonato de sódio nos diferentes sistemas.

Agora, leia os procedimentos abaixo com atenção e execute o que for pedido:

Materiais

- ▶ 2 copos de vidro transparentes e incolores;
- ▶ 1 colher de chá;
- ▶ 1 colher de sopa;
- ▶ bicarbonato de sódio em pó;
- ▶ vinagre;
- ▶ relógio para medir o tempo (em segundos) da transformação.

Procedimento

- ▶ Coloque água nos dois copos de vidro de forma a preenchê-los até a metade.
- ▶ Em um dos copos (copo 1), coloque duas colheres de sopa de vinagre.
- ▶ No outro copo (copo 2), coloque quatro colheres de sopa de vinagre.
- ▶ Adicione 1 colher (chá) de bicarbonato de sódio à solução de água com vinagre contida no copo 1 e marque o tempo necessário para que o bicarbonato de sódio seja totalmente consumido. Anote o valor na tabela a seguir.
- ▶ Adicione a mesma quantidade de bicarbonato de sódio à solução do copo 2 e novamente marque o tempo necessário para que o bicarbonato de sódio seja totalmente consumido. Anote o valor na tabela a seguir.

Sistemas	Tempo (s)
Copo 1	
Copo 2	

Questões

1. Considere que o volume final em ambos os copos seja o mesmo. Levando em conta as quantidades de vinagre adicionadas em cada copo, as concentrações das soluções assim preparadas são iguais ou diferentes? Explique.

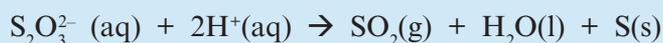
2. Baseado nos tempos de transformação observados, o que você conclui a respeito das velocidades dessa transformação quando a concentração do ácido é alterada?
3. Suas previsões (respostas à questão 1) foram coerentes com os resultados? Se isso não ocorreu, tente explicar as diferenças.
4. Faça uma previsão do que aconteceria com a concentração da solução no copo 2 se fosse adicionada água de forma que seu volume dobrasse. A velocidade da reação seria modificada? Justifique.

Neste momento, podem ser realizadas a síntese e a análise das observações feitas. Podem-se colocar na lousa os resultados obtidos pelos diferentes grupos. Devem ser retomadas as previsões feitas antes do experimento, podendo os alunos ser estimulados a explicar possíveis incoerências. Para ajudá-los, você pode perguntar em qual copo a transformação química se deu em menos tempo, e em seguida, perguntar se diriam que a rapidez da transformação química foi maior no copo 1 ou no 2. Deve-se chegar à conclusão de que o desprendimento de gás carbônico foi mais rápido na reação que utilizou como reagente uma solução de vinagre de maior concentração. É interessante também ressaltar a ideia de que a concentração da solução do copo 2 é o dobro da do copo 1, pois contém o dobro da quantidade de soluto para uma mesma quantidade de solução.

Pode-se também perguntar o que aconteceria com a concentração da solução 2 se ela recebesse adição de água de forma que seu volume dobrasse, e se isso modificaria a rapidez da reação. A discussão da resposta a ser dada para esta questão permitirá lembrar que, no processo de diluição, ocorre adição de solvente a uma solução, causando diminuição na sua concentração. Nesse caso, a concentração cairá para a metade, pois o volume da solução terá dobrado, o que causará a diminuição na rapidez da reação. A reação no copo 2 acontecerá com a mesma rapidez da do copo 1.

A realização do Experimento 2 deve levá-los a compreender que a solução que contém a maior quantidade de vinagre é a mais concentrada e que, nesse caso, maior concentração da solução faz com que a reação ocorra em menor tempo; portanto, será mais rápida.

Dessa forma, pode-se dizer que o aumento da concentração dos reagentes pode aumentar a rapidez das transformações químicas. É importante alertá-los que existem transformações químicas nas quais mudanças na concentração de um ou mais reagentes podem não influir em sua rapidez. Como exemplo, pode ser citada a reação entre os íons $S_2O_3^{2-}$ e H^+ , descrita pela equação a seguir:



Nesse caso, a alteração da concentração dos íons H^+ não afeta a rapidez da transformação química.

Para ampliar ainda mais a discussão sobre as variáveis que podem afetar a rapidez das transformações químicas, deve ser retomada a ideia, apresentada na Situação de Aprendizagem referente à síntese da amônia, de que a pressão também pode influir na rapidez com que as transformações químicas ocorrem.

As atividades experimentais possibilitam uma discussão sobre a importância do controle de variáveis nos estudos experimentais. Inicialmente, eles podem responder por escrito às seguintes questões:

1. Para estudar o efeito da temperatura sobre a rapidez de reação do comprimido efervescente, seria possível utilizar um comprimido inteiro em água quente e outro triturado em água gelada? Por quê?
2. Para estudar o efeito da concentração da solução de vinagre sobre a rapidez da reação com bicarbonato de sódio, seria possível utilizar uma solução à temperatura ambiente e outra aquecida? Por quê?

Na discussão, deve ser concluído que, se nos experimentos feitos vários fatores tivessem sido variados ao mesmo tempo, não seria possível analisar a influência de cada um deles. Dessa forma, estará sendo mostrada a necessidade do controle de va-

riáveis ao se planejar e executar um experimento.

O estudo do efeito do catalisador finalizará a abordagem em nível macroscópico das variáveis que podem alterar a rapidez de uma transformação química. Para contextualizar esse estudo, é importante conhecer algumas de suas aplicações tecnológicas. A análise de dados experimentais auxilia a compreensão da ação dos catalisadores e favorece o desenvolvimento de habilidades relacionadas à leitura e interpretação de tabelas.

Pode-se distribuir uma cópia do roteiro de trabalho para duplas de alunos e pedir que leiam o texto e respondam às questões por escrito.

Existem substâncias que podem alterar a rapidez de uma transformação química?

Como já foi discutido no estudo da obtenção da amônia, Haber, além de controlar as condições de temperatura e de pressão para obter amônia em escala industrial de maneira economicamente viável, também testou vários catalisadores para tentar acelerar a síntese sem precisar aumentar a temperatura. Descobriu que, se fizesse reagir os gases hidrogênio e nitrogênio sobre superfícies de ferro aquecidas, a rapidez de obtenção da amônia aumentaria, permitindo sensível diminuição nos custos energéticos envolvidos na produção da amônia.

Estudos sobre catalisadores são muito importantes para a indústria. Em 2007, o cientista alemão Gerhard Ertl recebeu o prêmio Nobel de Química ao estabelecer causas microscópicas que permitem compreender os processos catalíticos, com destaque para o que acontece no processo Haber-Bosch, de grande relevância prática.

As transformações químicas podem ter sua rapidez aumentada sem que seja necessário aumentar a temperatura, a superfície de contato, a concentração ou a pressão dos reagentes. Existem substâncias que aceleram as transformações químicas, sem ser consumidas nos processos em que estão envolvidas. Essas substâncias são chamadas catalisadores e são conhecidas principalmente por sua utilização nos automóveis. Nesse caso, os catalisadores são esferas dos metais paládio ou platina que são acopladas ao escapamento dos carros e que aceleram a transformação de alguns dos gases resultantes da queima dos combustíveis nos motores em outros gases menos poluentes. Como exemplo, podemos citar a transformação do monóxido de carbono (CO) em dióxido de carbono (CO₂).

1. Explique com suas palavras o que é um catalisador.

2. Cite exemplos de situações em que o uso de catalisadores é importante.

A seguir, para discutir a influência dos catalisadores sobre a rapidez das transformações químicas, são apresentados alguns resultados experimentais que poderão auxiliar na compreensão da ação de uma substância como catalisador.

Leia com atenção as tabelas apresentadas e responda às questões propostas.

Estudando a rapidez da transformação envolvendo o metal zinco (Zn) e o ácido clorídrico (HCl (aq)) em presença e na ausência de catalisador

Quando o metal zinco (Zn) é misturado com uma solução de ácido clorídrico (HCl 0,5mol/L) forma-se gás hidrogênio (H₂). É possível tornar essa transformação mais rápida sem alterar a temperatura, a concentração de ácido clorídrico ou o estado de agregação do zinco? Para responder a essa questão, foi feito um estudo do efeito da presença de cobre sobre a rapidez dessa transformação.

A Tabela 1 apresenta o que ocorre quando zinco (Zn) e cobre (Cu) são misturados separadamente com ácido clorídrico.

Tabela 1 – Observações para os sistemas Zn/HCl e Cu/HCl

Experimento	Reagentes	Observações
1	0,5g Zn + 10cm ³ de HCl (0,5mol/L)	Liberação de gás hidrogênio e calor
2	0,5g Cu + 10cm ³ de HCl (0,5mol/L)	Não foram observadas alterações no sistema

1. O que se manteve constante quando se comparam os experimentos 1 e 2? O que foi variado?
2. Foram observadas diferenças nos resultados? Quais?

A Tabela 2 apresenta as observações feitas quando zinco (Zn) e ácido clorídrico (HCl – 0,5 mol/L) são misturados na presença e na ausência de cobre. Foram feitas medidas do tempo necessário para a formação de 30 cm³ do gás hidrogênio (H₂).

Tabela 2 - Observações para os sistemas Zn/HCl e Zn/HCl/Cu			
Experimento	Reagentes	Tempo para liberar 30 cm ³ de H ₂ (s)	Observações
3	0,5 g de Zn + 10 cm ³ de HCl (0,5 mol/L)	315	–
4	0,5 g de Zn + 10 cm ³ de HCl (0,5 mol/L) + 0,5 g de Cu	144	Massa de cobre não se altera

1. O que se manteve constante quando se comparam os Experimentos 3 e 4? O que variou?
2. Foram observadas diferenças nos resultados? Quais?
3. O que se pode dizer sobre a ação do cobre na transformação?

Uma apresentação oral das respostas permite retomar a discussão sobre a importância do controle de variáveis ao se planejar uma atividade experimental. A análise dos resultados deve levar à conclusão de que a presença de um

catalisador em uma transformação aumentará a sua rapidez. Podem também ser dados outros exemplos da ação de catalisadores, como a que ocorre na decomposição da água oxigenada em presença de sangue ou a da digestão de alimentos em presença de enzimas.

Para finalizar esta Situação de Aprendizagem, pode ser proposta uma atividade extraclasse na qual os alunos levantem os conhecimentos da comunidade em que vivem sobre os fatores que podem afetar o processo de degradação dos alimentos. Um exemplo de roteiro está apresentado a seguir:

Sugestão de roteiro para a entrevista

Faça uma entrevista com seus familiares e amigos para avaliar que importância eles atribuem ao conhecimento dos fatores que afetam a rapidez de

degradação dos alimentos e o que sabem sobre o assunto. Podem ser utilizadas as seguintes questões:

Você costuma observar as datas de validade quando compra um alimento?

nunca sempre às vezes

Por quê? _____

Você consumiria um alimento fora do prazo de validade?

nunca não olho as datas de validade

talvez

Por quê? _____

Você costuma observar as condições em que os alimentos estão estocados em supermercados/feiras quando faz compras (temperatura da geladeira ou do freezer, alimentos cobertos ou descobertos, condições das embalagens)?

nunca sempre às vezes

Por quê? _____

As análises feitas pelos diferentes grupos podem ser apresentadas em cartazes a ser afixados nos murais da escola. As respostas podem ser organizadas de forma a mostrar quais as porcentagens das pessoas entrevistadas que consideram ou não importante atentar para prazos de validade e condições de armazenamento de alimentos. Podem também ser destacadas as respostas que contenham conhecimentos sobre os fatores que afetam a rapidez de degradação dos alimentos, tais como temperatura ou superfície de contato com o ar. Para concluir o trabalho, pode ser avaliada a necessidade ou não de esclarecer a população local sobre a importância de conhecer formas e limitações dos processos de conservação dos alimentos.

Grade de avaliação da Situação de Aprendizagem 3

Espera-se, com a realização dessas atividades, que se compreendam, sob uma perspectiva fenomenológica, os possíveis efeitos da variação de alguns fatores, como temperatu-

ra, pressão, estado de agregação, concentração ou uso de catalisadores, sobre a rapidez de uma transformação química. Espera-se também que se desenvolvam as habilidades de levantamento e análise de hipóteses/dados experimentais; leitura e interpretação de textos e tabelas; coleta, organização e análise de informações obtidas em entrevistas.

Ao analisar os procedimentos utilizados nas diferentes atividades, o aluno deve compreender a importância do controle de variáveis quando se planeja um experimento ou quando se analisam dados, e ele também deve ser capaz de aplicar essas ideias em outros contextos.

Ao analisar as informações coletadas nas entrevistas sobre os conhecimentos da população em relação aos fatores que podem afetar o processo de degradação dos alimentos, é necessário que estabeleçam relações entre os conceitos específicos estudados em sala de aula e as situações práticas, como a avaliação das condições de conservação de um alimento.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 4

COMO UTILIZAR MODELOS MICROSCÓPICOS PARA EXPLICAR AS DIFERENÇAS NA RAPIDEZ DAS TRANSFORMAÇÕES QUÍMICAS?

Na Situação de Aprendizagem anterior, foram considerados em nível macroscópico os fatores que podem alterar a rapidez das transformações químicas. Nesta etapa do trabalho, esses fatores serão analisados sob o ponto de vista microscópico, ou seja, serão discutidos modelos microscópicos que buscam explicar as diferenças na rapidez das transformações. Ape-

sar de envolver um raciocínio mais complexo, essa abordagem permite a transição do concreto (o que pode ser visto ou medido) para o abstrato (o que pode ser imaginado ou suposto). Serão apresentadas atividades que envolvem questões e a leitura um texto, sempre buscando auxiliar a imaginar o que poderia estar ocorrendo em nível atômico nos fenômenos analisados.

Tempo previsto: 4 aulas.

Conteúdos e temas: modelos explicativos para compreender a rapidez das transformações químicas.

Competências e habilidades: aplicar modelos microscópicos para explicar os fatores que podem afetar a rapidez das transformações químicas; desenvolver conexões hipotético-lógicas utilizando modelos microscópicos que possibilitem previsões acerca das diferenças na rapidez das transformações químicas.

Estratégias de ensino: leitura e discussão de textos.

Recursos: texto e questões.

Avaliação: questões referentes às atividades desenvolvidas e problemas que exigem a aplicação dos conceitos aprendidos.

Para iniciar a atividade, você deve estimular os alunos a elaborar modelos microscópicos que possam explicar alguns dos fenômenos que observam usualmente. É importante frisar que os modelos são representações limitadas e que utilizam recursos como esferas de cores diferentes apenas para diferenciar os átomos. Portanto, não se pode concluir, por exemplo, que o átomo de hidrogênio é azul ou que o átomo de oxigênio é cinza.

Podem, então, ser retomadas as discussões já feitas no 2º bimestre do 2º ano sobre as interações entre partículas. Isso pode ser feito utilizando-se as questões a seguir:

Considere três recipientes fechados, um deles contendo gelo, outro contendo água líquida e outro contendo vapor de água.

- Em qual dos casos a água terá forma fixa e ocupará um espaço definido?

- ▶ Em qual dos casos a água não terá forma fixa, mas ocupará um espaço definido?
- ▶ Em qual dos casos a água não terá forma fixa e ocupará todo o espaço disponível?

Imagine como estariam as moléculas de água em cada um dos béqueres e faça um desenho representando o seu comportamento nos três estados.

Podem-se colocar essas questões na lousa, dividir os alunos em grupos de 4 ou 5 e pedir que, após uma breve discussão, deem as respostas por escrito. Os desenhos podem ser transcritos na lousa por eles.

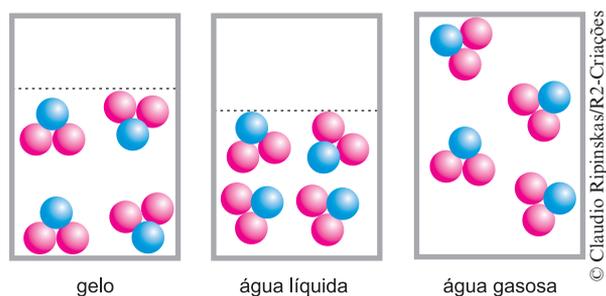
Em seguida, proponha uma discussão sobre as diferenças de comportamento das moléculas de água com a variação de temperatura do material. Para iniciá-la, é importante resgatar o que foi estudado sobre o comportamento das partículas e átomos que compõem os materiais nos estados sólido, líquido e gasoso.

Devem ser apresentadas inicialmente as características macroscópicas que diferenciam os três estados: os sólidos têm forma e volume definidos, os líquidos só têm volume definido e os gases não têm nem forma nem volume definidos, assumindo a forma e o volume do recipiente que os contém. Em seguida, podem ser analisados os desenhos feitos por eles, e você deverá chamar a atenção para as diferenças de interação entre as moléculas de água nos três estados, mos-

trando que, no sólido, a interação é a maior e, no gasoso, é a menor. É comum apresentarem concepções a respeito de espaços vazios entre as partículas, que seriam sempre menores no estado sólido ou sempre maiores no estado líquido.

Essas concepções podem levar a conclusões incorretas, como no caso da água, que, no estado sólido, apresenta uma organização de moléculas que ocupa um volume maior do que no estado líquido, embora a interação entre elas seja maior no estado sólido.

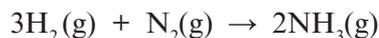
Um exemplo de desenho que pode ser feito para orientar a discussão é apresentado a seguir:



Dessa forma, deve-se chegar à conclusão de que a matéria é constituída de partículas que se movem incessantemente, com certa rapidez a cada temperatura. O aumento na temperatura significa aumento na rapidez de movimentação das partículas, aumentando sua energia cinética e diminuindo sua interação.

Para retomar a visão microscópica a respeito da ocorrência das transformações químicas, pode ser proposta a seguinte questão, a ser respondida em pequenos grupos, por escrito:

Conforme estudado na Situação de Aprendizagem 2, sabemos que o gás hidrogênio reage com o gás nitrogênio formando amônia. Essa transformação está representada pela equação abaixo:



Represente, por meio de desenhos, o comportamento das moléculas de hidrogênio e de nitrogênio durante a transformação.

Alguns dos desenhos feitos podem ser reproduzidos na lousa pelos próprios alunos. Em seguida, deve-se lembrar que a transformação química envolve um rearranjo de átomos e que há quebra das ligações existentes entre os átomos dos reagentes e formação de novas ligações entre esses átomos, formando os produtos. Para iniciar essa discussão podem ser utilizadas algumas questões, como: O que ocorre com as ligações entre os átomos que compõem os reagentes durante uma transformação? Como esses átomos formam os produtos?

Nesse momento, pode ser lançada a ideia de que a quebra das ligações entre os átomos que compõem os reagentes pode ocorrer quando as partículas colidem e que essa colisão, chamada choque efetivo, deve ter certas características que serão vistas mais adiante.

A ideia de que choques entre partículas podem provocar rupturas e formação de novas ligações não é de difícil compreensão. Pode-se concretizá-la por meio de simulações (usando-se bolas de isopor ou outros objetos), dramatizações e mesmo, se houver condições,

animações encontradas na internet. Seguem duas sugestões de animações disponíveis em: <[http://www.chem.iastate.edu/group/Greenbowe/sections/projectfolder/animations/HCl\(aq\).htm](http://www.chem.iastate.edu/group/Greenbowe/sections/projectfolder/animations/HCl(aq).htm)> e <<http://www.chem.iastate.edu/group/Greenbowe/sections/projectfolder/animations/H2Osingleeq.html>>. Acesso em: 6 ago. 2009.

Dando continuidade à abordagem, é importante que se estabeleçam relações entre a rapidez de movimentação das partículas e a rapidez das transformações. Para iniciar essa discussão, pode-se propor a seguinte questão:

Considerando o que já foi estudado sobre a formação da amônia a partir dos gases hidrogênio e nitrogênio, podemos dizer que a rapidez com que ocorre essa transformação é modificada quando aumentamos a temperatura do sistema. Por que isso ocorre?

Após a elaboração das respostas pelos alunos, pode-se retomar a questão, dizendo que a transformação ocorreria mais rapidamente com o aumento da temperatura, pois as moléculas dos reagentes estariam se movendo com maior rapidez e colidindo com mais força e mais frequentemente. Dessa forma, seriam facilitadas as quebras das ligações entre os átomos dos reagentes e as formações das ligações entre os átomos do produto.

Para introduzir o conceito de choque efetivo, você poderia continuar perguntando: “Todas as colisões entre partículas possibilitam a quebra das ligações entre os reagentes e a formação de novas ligações nos produtos?”.

A resposta seria dada por você, que apresentaria o conceito de choque efetivo como aquele que envolve certa energia e que ocorre com certa orientação.

É importante também que sejam estabelecidas relações entre a concentração dos reagentes, as colisões entre partículas e a rapidez das transformações.

Para iniciar essa discussão, pode-se propor a seguinte questão:

Considere a reação entre zinco metálico em pó e solução de ácido clorídrico, representada pela equação a seguir:

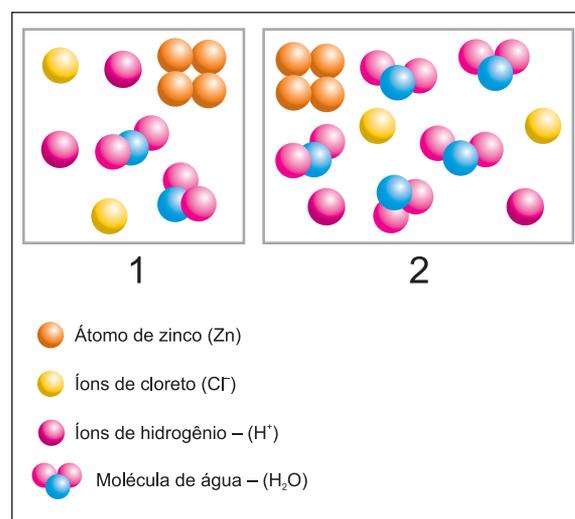


Deve ser dada a informação de que experimentos mostram que, à temperatura constante, o aumento da concentração da solução de HCl causa aumento na rapidez de formação dos produtos. Caso se disponha de zinco e de solução de ácido clorídrico ou de ácido muriático, seria interessante mostrar esse efeito em vez de descrevê-lo.

A análise dos esquemas 1 e 2 apresentados a seguir pode auxiliar os alunos a criar um modelo explicativo em nível microscópico que considere o comportamento das partículas reagentes envolvidas.

Considere que os esquemas representam a situação imediatamente anterior ao início da reação, ou seja, os reagentes acabaram de ser misturados e ainda não houve a formação

dos produtos em nenhum dos dois recipientes. Deve-se atentar também para a representação das moléculas de água, solvente utilizado no preparo da solução de ácido clorídrico.



© Claudio Ripinskas/R2-Criações

As seguintes perguntas podem auxiliar a análise:

- ▶ A temperatura é a mesma nas duas situações estudadas?
- ▶ O estado de agregação do zinco é o mesmo?
- ▶ O número de íons H⁺ e Cl⁻ e de átomos de Zn é igual nos dois recipientes?
- ▶ O número de moléculas de água é igual nos dois recipientes?
- ▶ Em qual dos recipientes a concentração de H⁺ e de Cl⁻ é maior?
- ▶ Em qual dos recipientes é mais provável que os íons H⁺ e Cl⁻ e os átomos de Zn se encontrem?

- Formule uma explicação para o fato de que a rapidez da reação em estudo aumenta quando são utilizadas soluções de HCl de concentrações crescentes.

A discussão das respostas deve auxiliá-los a perceber que o experimento foi feito à temperatura constante e que os dois esquemas procuram representar que o estado de agregação do zinco e sua massa também são mantidos constantes. Ao considerar que o número de íons H^+ e Cl^- é igual nos dois recipientes e que o número de moléculas de água é maior no segundo, poderão concluir que a solução de HCl está mais concentrada no recipiente 1. Deverão, então, concluir que o fato de a rapidez da reação estudada aumentar quando há um aumento da concentração de HCl se deve à maior probabilidade das partículas dos reagentes colidirem.

Dessa forma, poderão concluir que o aumento na concentração dos reagentes envolvidos em uma transformação **pode** aumentar a rapidez com que esta ocorre, dado as partículas terem mais chance de se encontrar.

Para que sejam estabelecidas relações entre a superfície de contato entre os reagentes, as colisões entre partículas e a rapidez das transformações, pode ser feita outra análise da transformação envolvendo zinco e solução de ácido clorídrico.

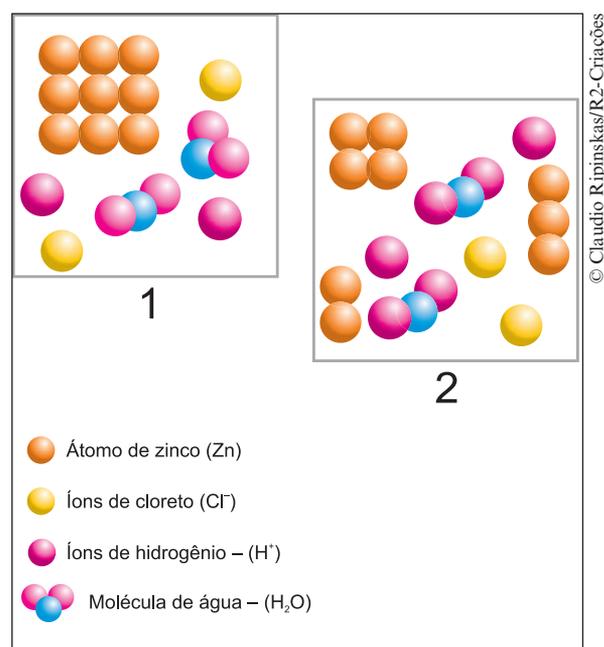


É importante informar que foi feito um estudo experimental, à temperatura constante,

utilizando zinco em raspas e zinco em pó, para avaliar a influência da superfície de contato entre os reagentes sobre a rapidez da reação. O experimento mostrou que o aumento da superfície de contato entre o zinco e a solução de HCl causa aumento na rapidez de formação dos produtos. Novamente, caso se disponha de material, sugere-se que esse experimento seja demonstrado.

Para que se possa dar uma explicação microscópica para esse fato, novamente se sugere que seja feita uma análise dos esquemas 1 e 2, apresentados a seguir.

Considere que os esquemas representam a situação imediatamente anterior ao início da reação, ou seja, leve em consideração que os reagentes acabaram de ser misturados e que ainda não houve a formação dos produtos em nenhum dos dois recipientes.



Sugestões de perguntas que podem auxiliar a análise dos esquemas:

- ▶ A temperatura foi mantida constante durante o experimento?
- ▶ O número de íons H^+ e Cl^- e de átomos de Zn é igual nos dois recipientes?
- ▶ O número de moléculas de água é igual nos dois recipientes?
- ▶ A massa de zinco é igual nos dois recipientes?
- ▶ A concentração de H^+ e de Cl^- é igual nos dois recipientes? Por que isso é importante?
- ▶ Em qual dos recipientes há maior superfície de contato entre os átomos de zinco e os íons H^+ e Cl^- ?
- ▶ Em qual dos recipientes é mais fácil que os átomos de Zn e os íons H^+ e Cl^- se encontrem?

- ▶ Formule uma explicação para o fato de a rapidez da reação em estudo aumentar quando o zinco está mais desagregado.

Após as respostas, pode-se explicar que o esquema procura demonstrar que a superfície de contato entre os reagentes variou, enquanto todos os outros fatores (temperatura, massa de zinco e concentração de HCl) foram mantidos constantes.

Pode-se dizer que o zinco está menos agregado no recipiente 2 e que há maior facilidade das partículas colidirem nesse caso. Dessa forma, deve-se concluir que o aumento na superfície de contato entre os reagentes envolvidos em uma transformação pode aumentar a rapidez com que esta ocorre em razão da maior chance das partículas colidirem.

Para iniciar a discussão sobre a ação dos catalisadores, pode-se apresentar o texto a seguir. Pode ser feita uma leitura em conjunto com a classe, destacando os pontos mais importantes.

Texto 1 – Retomando o conceito de choque efetivo e estudando o caminho percorrido durante uma transformação química

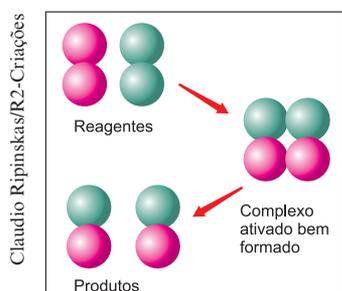
Conforme visto nas aulas anteriores, não é qualquer colisão entre partículas de reagentes que vai causar a quebra de ligações entre os seus átomos e propiciar a formação de novas ligações, formando os produtos. As colisões que possibilitam a ocorrência das transformações são chamadas colisões efetivas ou choques efe-

tivos e devem possuir energia suficiente e orientação adequada.

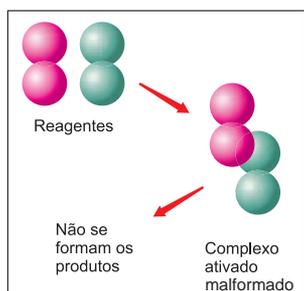
Dessa forma, podemos supor que a transformação química se desenvolve percorrendo um caminho onde exista um obstáculo, uma barreira de energia a ser vencida. Essa barreira representa a energia mínima necessária para que a transformação ocorra e é chamada energia de ativação.

Quanto maior a energia de ativação de uma transformação, mais lenta ela tenderá a ser, pois será menor o número de partículas que terão condições de colidir de modo a superar essa barreira energética.

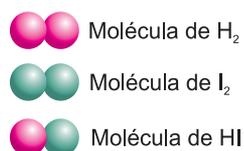
Com relação à orientação do choque, é necessário que as partículas colidam de forma a atingir certas regiões das partículas, como mostra a figura a seguir, que ilustra a ocorrência de choques para a transformação $\text{H}_2 + \text{I}_2 \rightarrow 2\text{HI}$.



a) Colisão efetiva com orientação adequada e energia suficiente



b) Colisão não efetiva sem orientação adequada



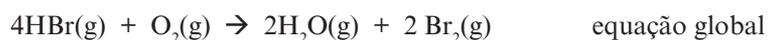
Comparação entre as orientações de uma colisão efetiva e de uma colisão não efetiva para a transformação: $\text{H}_2 + \text{I}_2 \rightarrow 2\text{HI}$.

Quando ocorre uma colisão com energia suficiente e orientação adequada, forma-se um aglomerado dos átomos dos reagentes, que é chamado complexo ativado. Quando o complexo é formado pela orientação adequada do choque, as ligações entre os átomos que compõem os reagentes poderão ser rompidas e, neste caso, se formarão novas ligações, formando os produtos. Neste caso, a transformação química ocorrerá. Se, por outro lado, o complexo ativado for malformado, a transformação química não ocorrerá.

No esquema ao lado, foi considerada a colisão envolvendo duas partículas. O que ocorreria se a transformação envolvesse um número maior de partículas de reagentes? Seria muito mais difícil ocorrer uma colisão efetiva se mais de duas partículas se chocassem de uma só vez, pois a chance do choque ter uma orientação adequada seria muito pequena.

Dessa forma, quando a transformação envolve mais de duas partículas, podemos supor que ela ocorre em etapas, nas quais as partículas colidem duas a duas. Em cada etapa haverá a formação de um complexo ativado diferente e cada uma terá uma energia de ativação própria.

Considere a reação global representada a seguir:



O caminho mais provável percorrido nesse caso é:

- | | |
|--|--------------|
| 1) $\text{HBr} + \text{O}_2 \rightarrow \text{HOBr}$ | etapa lenta |
| 2) $\text{HOBr} + \text{HBr} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{HBr}$ | etapa rápida |
| 3) $\text{H}_2\text{O} + \text{HBr} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{HBr}$ | etapa rápida |
| 4) $\text{H}_2\text{O} + \text{HBr} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{HBr}$ | etapa rápida |

Conforme visto no esquema acima, a transformação analisada apresenta quatro etapas e envolve a formação de um intermediário que é produzido na primeira etapa e consumido na segunda. Por sua vez, os intermediários formados na segunda etapa são consumidos na terceira e na quarta etapas. A primeira etapa leva um tempo maior do que as outras para ocorrer. A rapidez da transformação global será afetada de forma significativa pela rapidez da etapa mais lenta.

Buscando entender em nível microscópico a ação de catalisadores em transformações químicas, como explicar que o caminho seguido pelo desenvolvimento de uma transformação química pode influir na rapidez de obtenção dos produtos?

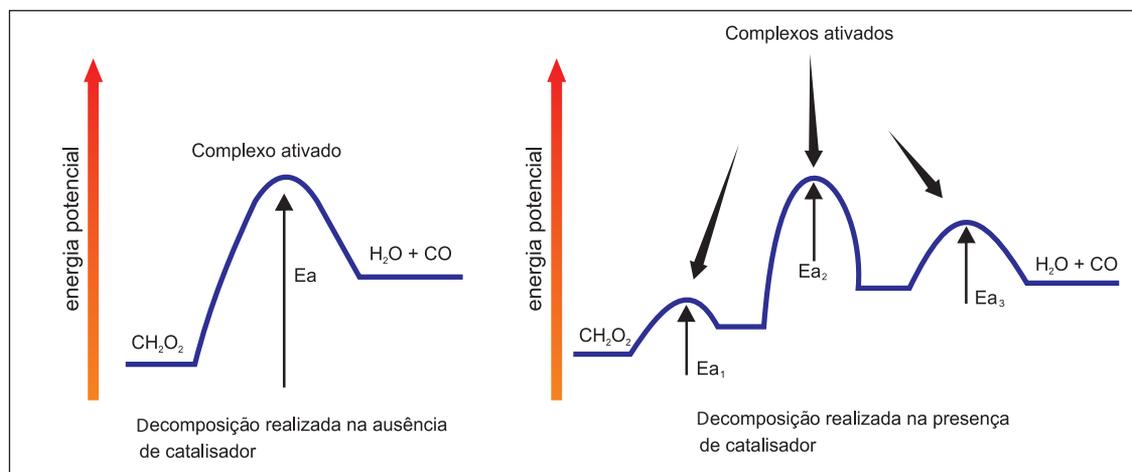
Haber, ao desenvolver o processo de síntese da amônia, após escolher as condições de pressão e de temperatura mais adequadas, buscou acelerar essa síntese testando a ação de diferentes catalisadores. Verificou que, quando a síntese da amônia se processava sobre o ferro aquecido, o equilíbrio químico era atingido mais rapidamente. Como explicar isso?

Admitindo que as transformações químicas ocorrem segundo um caminho – seguindo algumas etapas – e que a etapa mais lenta pode ser considerada a que determina a rapidez da transformação química, será que, se a amônia for sintetizada sobre uma chapa de ferro aquecida, as etapas envolvidas em sua síntese serão outras? Como se podem relacionar possíveis diferentes caminhos de transformação com modificações na rapidez com que a amônia é obtida?

Vamos tentar responder a essas perguntas buscando entender inicialmente se um catalisador modifica o caminho seguido no desenvolvimento de transformações químicas estudando a reação de decomposição do ácido metanoico na presença e na ausência de catalisador. A reação global de decomposição do ácido metanoico pode ser representada por:



Os diagramas a seguir representam os caminhos da decomposição do ácido metanoico percorridos durante a reação na ausência e na presença de catalisador.



Claudio Ripinskas/R2-Criações

Ausência de catalisador: a decomposição ocorre em uma única etapa



Presença de catalisador: a decomposição ocorre em 3 etapas

1. $\text{CH}_2\text{O}_2 + \text{H}^+ \rightarrow (\text{CH}_3\text{O}_2)^+$ etapa rápida
2. $(\text{CH}_3\text{O}_2)^+ \rightarrow \text{H}_2\text{O} + (\text{COH})^+$ etapa lenta
3. $(\text{COH})^+ \rightarrow \text{CO} + \text{H}^+$ etapa rápida

Extraído de: GEPEQ. *Interações e transformações II: re-elaborando conceitos sobre transformações químicas: cinética e equilíbrio*. 3. ed. São Paulo: Edusp, 2005, p. 77.

Nota-se que, no sistema sem catalisador, a decomposição do ácido metanoico ocorre em uma única etapa, envolvendo somente um complexo ativado que exige, para se formar, uma energia de ativação que exige, para se formar, uma energia de ativação (E_a). Por outro lado, no sistema com catalisador, a decomposição ocorre por outro caminho, que envolve três etapas nas quais se formam complexos ativados que exigem energias de ativação menores do que E_a . Como as energias de ativação E_{a_1} , E_{a_2} e E_{a_3} são mais baixas do que E_a , maior será o número de partículas que conseguirão atingir essas energias mais rapidamente, possibilitando que um maior número de choques efetivos aconteça em menos tempo. Dessa maneira, a rapidez total da decomposição do CH_2O_2 será maior se o catalisador tomar parte na transformação.

Deve-se observar que o H^+ é o catalisador dessa transformação, pois dela participa (é consumido na etapa 1), modifica o caminho da transformação (seu mecanismo), diminui o tempo de decomposição do ácido fórmico e se regenera no final do processo (etapa 3).

Os químicos chamam de **mecanismos de reação** a uma descrição pormenorizada de como uma transformação química acontece. Trata-se de uma **hipótese** que se faz para explicar fatos observados como, por exemplo, explicar a ação de catalisadores. Alguns mecanismos já estão bem estabelecidos, ou seja, explicam satisfatoriamente muitos fatos, permitindo que se façam previsões que se verificam na realidade. Entretanto, é impor-

tante ter claro que, à medida que novos fatos são descobertos, os mecanismos podem ser modificados e mesmo descartados, ou seja: um mecanismo não é uma descrição da realidade, e sim uma tentativa de explicação de uma série de fatos relativos a como ocorrem as transformações químicas.

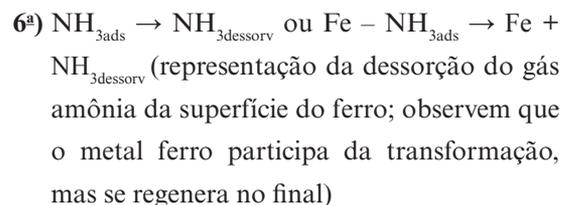
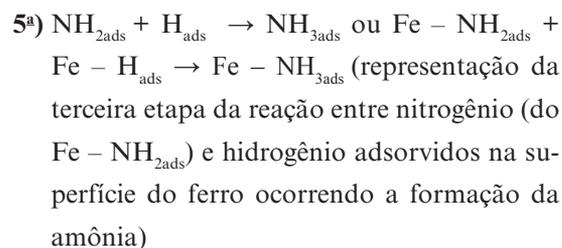
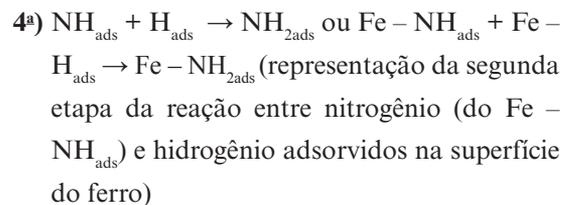
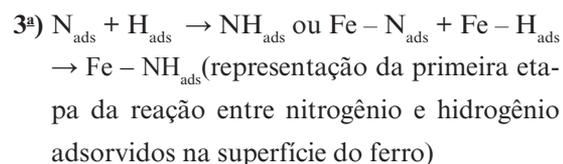
Hoje, acredita-se que a síntese da amônia na presença de ferro aquecido (catalisador) se dá de acordo com as etapas:



(representação do composto intermediário formado pelo metal ferro com gás nitrogênio adsorvido em sua superfície)



(representação do composto intermediário formado pelo metal ferro com gás hidrogênio adsorvido em sua superfície)



Quando uma molécula se adsorve (ou se fixa) à superfície do catalisador, suas ligações ficam mais fracas e mais fáceis de quebrar. No processo Haber, a adsorção de moléculas do gás nitrogênio sobre o ferro é muito importante, pois, dessa maneira, a tripla ligação entre os átomos $\text{N}_2(\text{g})$ é enfraquecida.

Depois da leitura do texto, pode-se responder às seguintes questões:

► Quais as características de uma colisão efetiva?

► O que é energia de ativação?

► Considere duas transformações com diferentes energias de ativação (E_a), sendo $E_{a1} > E_{a2}$. Considerando somente esse as-

pecto, qual transformação será mais rápida? Por quê?

- Como funciona um catalisador? Para responder, considere a sua ação sobre o caminho percorrido em uma transformação química.

Na primeira questão, os alunos devem dizer que a colisão efetiva precisa ter uma orientação correta e uma energia suficiente para que sejam rompidas as ligações entre os átomos dos reagentes e formadas as novas ligações dos produtos. Na segunda questão, devem ter dito que a energia de ativação é o valor de energia mínimo que deve ser atingido pelo choque entre as partículas para que a transformação aconteça. Na terceira questão pode-se responder que a transformação que possui menor energia de ativação será a mais rápida. Na quarta questão, deve-se explicar

que o catalisador possibilita que a transformação ocorra por outro caminho, com energias de ativação menores, possibilitando que um maior número de choques atinja a energia mínima necessária para ocorrer a reação.

Grade de avaliação da Situação de Aprendizagem 4

Ao responder às questões propostas nas diferentes atividades, o aluno desenvolverá as habilidades de leitura e interpretação de textos e diagramas. Será também levado a elaborar e, em seguida, a analisar modelos propostos para explicar os efeitos de cada um dos fatores estudados sobre a rapidez das transformações químicas. Dessa forma, espera-se que ele desenvolva sua capacidade de abstração de forma a interpretar fenômenos tanto do ponto de vista macroscópico quanto do ponto de vista microscópico de forma clara e plausível.

PROPOSTA DE QUESTÕES PARA APLICAÇÃO EM AVALIAÇÃO

Seguem algumas sugestões de questões para sua escolha e aplicação em avaliação.

1. Dê um exemplo de como cada um dos seguintes gases são usados pelo ser humano: nitrogênio, oxigênio e hélio.

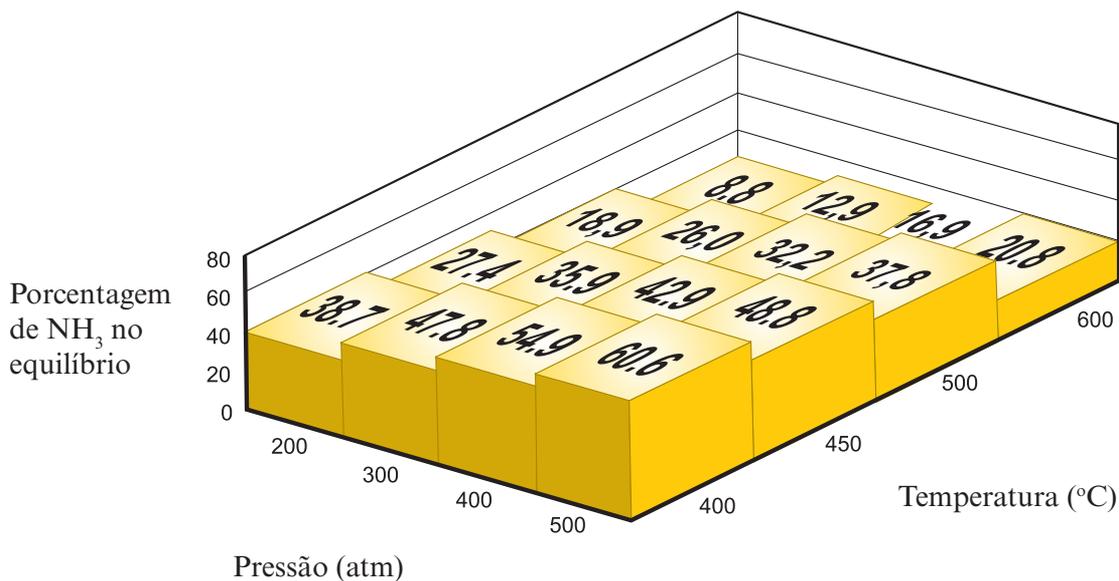
Nitrogênio: matéria-prima para síntese da amônia.

Oxigênio: uso médico (para auxiliar na respiração).

Hélio: em balões e dirigíveis

2. Observe o diagrama abaixo:

Claudio Ripinskas/R2-Criações



Um dono de uma indústria de produção de amônia decidiu operá-la com pressões em torno de 300 atmosferas e com temperaturas em torno de 450 °C. Qual o rendimento de amônia esperado?

É esperado um rendimento em torno de 35,9% de amônia.

- a) Caso o compressor da indústria consiga obter pressões de, no máximo, 300 atm, em que faixa de temperatura você faria a síntese?

Considere que o tempo envolvido em qualquer uma das situações mostradas no diagrama é aceitável.

Para que o rendimento fosse o maior possível, faria a síntese a temperaturas próximas a 400 °C.

- b) Que gases podem ser encontrados a 200 atm e a 600 °C? Quais estarão em maior proporção?

Podem ser encontrados os gases nitrogênio (N_2), hidrogênio (H_2) e amônia (NH_3), pois, como o sistema está em equilíbrio químico, há coexistência entre reagentes e produtos. Como a porcentagem de amônia formada é de 8,8, esta se encontrará em menor proporção em relação aos gases nitrogênio (N_2) e hidrogênio (H_2).

3. Considerando seus estudos sobre os fatores que podem afetar a velocidade das transformações químicas, explique por que mastigar bem os alimentos é indispensável para que sejam bem digeridos.

Porque a mastigação diminui o estado de agregação dos alimentos, aumentando a superfície de contato entre eles e as substâncias químicas

que farão parte do processo de sua digestão, reduzindo o tempo em que ela acontece.

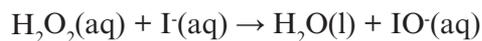
4. No laboratório, o gás hidrogênio pode ser preparado pela reação de magnésio com solução de ácido clorídrico. Em qual das experiências apresentadas na tabela a rapidez de formação de gás hidrogênio será maior? Justifique sua resposta.

Experiência	Temperatura (°C)	Magnésio	Concentração de ácido clorídrico (mol/L)
I	25	granulado	1,0
II	25	granulado	0,5
III	30	em pó	1,0
IV	30	em pó	0,5
V	30	em raspas	1,0

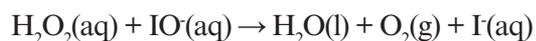
Na experiência III, pois utiliza a maior temperatura, possui maior superfície de contato do magnésio e maior concentração da solução de ácido clorídrico.

5. O peróxido de hidrogênio, H_2O_2 , comumente chamado de água oxigenada, pode reagir com íons I^- em solução aquosa, segundo uma reação que se processa em duas etapas:

(1ª etapa, lenta)

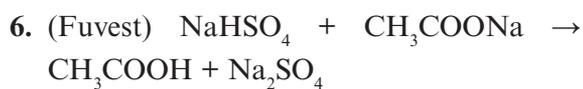


(2ª etapa, rápida)



Assinale a afirmativa correta:

- a) o processo descrito utiliza catalisador;
- b) a energia de ativação da primeira etapa é menor do que a energia de ativação da segunda etapa;
- c) a equação global correspondente ao processo é $2 \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$;
- d) o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) não se transforma em água (H_2O) e gás oxigênio (O_2);
- e) o íon IO^- produzido na primeira etapa não é consumido na segunda etapa.



A reação representada pela equação acima é realizada segundo dois procedimentos:

I. Triturando os reagentes sólidos.

II. Misturando soluções aquosas concentradas dos reagentes.

Utilizando a mesma quantidade de NaHSO_4 e a mesma quantidade de CH_3COONa nesses procedimentos, à mesma temperatura, a formação de ácido acético:

- a) É mais rápida em II porque em solução a frequência de colisão entre os reagentes é maior.
- b) É mais rápida em I porque no estado sólido a concentração dos reagentes é maior.
- c) Ocorre em I e II com igual velocidade porque os reagentes são os mesmos.
- d) É mais rápida em I porque o ácido acético é liberado na forma de vapor.
- e) É mais rápida em II porque o ácido acético se dissolve na água.

PROPOSTAS DE SITUAÇÃO DE RECUPERAÇÃO

Situações de recuperação são delicadas, pois nem sempre se dispõe de tempo para um trabalho em conjunto com os alunos. Então, é necessário pensar em alternativas que lhes permitam um trabalho mais autônomo. A nossa proposta é que seja requisitada a elaboração de um trabalho sobre as atividades que devem ser recuperadas. O trabalho deverá conter o tema da atividade, qual a importância do estudo desse tema e os conteúdos estudados em cada tema.

As orientações devem ser bem específicas. No trabalho referente à Situação de Aprendizagem I deverá constar o tema, quais os gases que fazem parte da atmosfera, como

são dela extraídos e como são utilizados pelo ser humano. Deverão também definir temperatura de ebulição. Poderão também ser propostos exercícios ligeiramente modificados. Por exemplo, em relação à questão “A temperatura de ebulição do nitrogênio, de acordo com a tabela acima, é de $-196\text{ }^\circ\text{C}$. A menos de $-200\text{ }^\circ\text{C}$ (conforme p. 13), o nitrogênio encontra-se em que estado físico?” Pode-se mudar o gás da pergunta para o oxigênio. Pode, também, fazer perguntas que exijam o mesmo tipo de raciocínio, como: “Compare os valores das temperaturas de ebulição do hélio e do argônio. Qual é mais volátil? Qual se encontra no estado líquido a $-250\text{ }^\circ\text{C}$?”.

Na Situação de Aprendizagem 2, deverão ser exploradas transformações químicas reversíveis. Sugere-se que seja indicado por que foi importante o controle da pressão e da temperatura no desenvolvimento do processo da síntese da amônia e que refaçam os exercícios, novamente modificados. Pode-se pedir que copiem a síntese final apresentada no texto e que busquem nele as situações que permitiram as conclusões apresentadas na síntese. Por exemplo: “Resumindo o que foi estudado, podemos dizer que existem transformações químicas que são reversíveis”. O aluno poderá dizer algo como: “O experimento realizado pelo analista químico que repetiu o experimento de Haber mostra isso, pois aumentou a temperatura e a quantidade de amônia, por sua vez, diminuiu. Como não saiu amônia do frasco (o sistema estava fechado), a amônia só pode ter se decomposto”. Você pode redimensionar essa sugestão de acordo com seus alunos. Essa proposta exige bom poder de síntese e de argumentação. Outra sugestão seria a elaboração de perguntas mais diretas, solicitando-se a busca por respostas no texto. Se achar que essa recuperação exige mais poder analítico do que eles são capazes, talvez seja bom modificar as perguntas do texto e pedir que sejam respondidas.

As Situações de Aprendizagem 3 e 4 estão relacionadas. Como foram realizadas a partir de práticas experimentais, a recuperação

fica ainda mais difícil. Para a recuperação da Situação de Aprendizagem 3, por exemplo, pode-se solicitar que seja feito um resumo enumerando quais os fatores que modificam a rapidez das transformações químicas e que se encontrem pelo menos dois exemplos do cotidiano nos quais a influência desses fatores é perceptível.

A recuperação da Situação de Aprendizagem 4 também é difícil, pois se trata de uma abordagem microscópica, que exige maior abstração, tarefa difícil para ser realizada autonomamente. Talvez possam ser aplicados questionários baseados em questões do próprio texto, que busquem estabelecer mais relações entre aspectos macro e microscópicos. Por exemplo: Para discutir a ideia de choque efetivo, faça uma analogia com batidas de automóveis: compare as consequências entre batidas frontais com batidas de raspão. Dê um exemplo do seu cotidiano que ajude no entendimento de choque efetivo. “O que são choques efetivos?” Outro exemplo: “Selecione no texto as figuras que representam soluções que acabaram de ser preparadas, no momento imediatamente antes de começarem a reagir, e que mostram concentrações diferentes dos reagentes. Procure explicar com suas próprias palavras como o aumento da quantidade (da concentração, já que estamos trabalhando em um determinado volume) dos reagentes pode modificar a rapidez das transformações químicas”.

RECURSOS PARA AMPLIAR A PERSPECTIVA DO PROFESSOR E DO ALUNO PARA A COMPREENSÃO DO TEMA

Sugestão para se conhecer mais sobre estratégias de ensino e de aprendizagem:

RANGEL, Mary. *Dinâmicas de leitura para sala de aula*. Petrópolis: Vozes, 1990. 69 p. O livro apresenta sugestões para leituras em sala de aulas, levando em conta as atuais realidades das escolas públicas brasileiras.

Sugestões para a busca de informações sobre a composição da atmosfera terrestre e sobre os gases dela extraídos:

GRIMM, Alice M. *Curso de meteorologia básica: notas de aula. A atmosfera*. Disponível em: <<http://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo>>. Acesso em: 24 dez. 2008.

O texto discute a composição da atmosfera. Site locado na Universidade Federal do Paraná.

LEE, J. D. *Química inorgânica não tão concisa*. Rio de Janeiro: Edgard Blucher, 1996. Apresenta conceitos teóricos e aspectos descritivos dos vários blocos de elementos da tabela periódica. Dá ênfase às aplicações comerciais dos produtos inorgânicos e à questão ambiental.

TOLENTINO, Mário; ROCHA-FILHO, Romeu; SILVA, Roberto R. *O azul do planeta*. Moderna, 1997.

O texto elucida temas que estão diretamente relacionados com a poluição atmosférica, tais como a intensificação do efeito estufa, o aumento da acidez das chuvas, o depauperamento da camada de ozônio, a formação de ciclones, o efeito “el niño”, neblinas químicas e inversões térmicas, entre outros. O livro ainda analisa o ar atmosférico enquanto fonte de materiais úteis ao ser humano e enquanto “meio físico” a serviço do homem. Apresenta textos curtos, organizados em títulos e subtítulos, o que facilita a leitura e a busca de informações. As tabelas, gráficos, diagramas e figuras facilitam a compreensão das idéias discutidas.

Descrições gerais, propriedades químicas e usos industriais de diversos gases:

<<http://www.liderox.com.br/gases/oxig.htm>>. Acesso em: 24 dez. 2008.

<<http://www.liderox.com.br/gases/hidro.htm>>. Acesso em: 24 dez. 2008.

<<http://www.liderox.com.br/gases/arg.htm>>. Acesso em: 24 dez. 2008.

<<http://www.liderox.com.br/gases/gasesp.htm>>. Acesso em: 24 dez. 2008.

<<http://www.liderox.com.br/gases/nitro.htm>>. Acesso em: 24 dez. 2008.

<http://www.maxwell.lambda.ele.puc-rio.br/cgi-bin/PRG_0599.EXE/4405_4.PDF?NrOcoSis=10469&CdLinPrg=pt>. Acesso em: 24 dez. 2008 (aplicações da criogenia).

Sugestões para a busca de informações sobre a síntese da amônia e equilíbrio químico:

BAEUMLER, Ernst. *Um século de química*. São Paulo: Melhoramentos, 1963.

No capítulo 2, o livro aponta os problemas criados pela necessidade de importação do salitre do Chile e faz um apanhado da Alemanha e da indústria alemã do começo do século XX.

CHAGAS, Aécio Pereira. A síntese da amônia: alguns aspectos históricos. In: Revista *Química Nova*. ISSN 0100-4042. Versão *on-line* Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422007000100039-&scrip=sci_arttext&tlng=enandothers>. Acesso em: 24 dez. 2008.

Neste artigo, é apresentada uma visão histórica da descoberta do ciclo do nitrogênio, do uso de compostos nitrogenados na agricultura e da síntese da amônia.

VANIN, José Atílio. *Alquimistas e químicos: passado, presente e futuro*. São Paulo: Moderna, 2000. No capítulo 7, Vanin discute impactos da Química na sociedade.

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA. Disponível em: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=010160040304>>. Acesso em: 24 dez. 2008.

Neste endereço há um texto em português que divulga o método de produção da amônia desenvolvido por uma equipe da Universidade Cornell, coordenada pelo Professor Paul Chirik.

Mais informações sobre o método de produção da amônia podem ser encontradas em:

<<http://www.news.cornell.edu/releases/Feb04/Chirik.nitrogen1.deb.html>>. Acesso em: 17 fev. 2008.

<<http://www.news.cornell.edu/chronicle/04/3.4.04/nitrogen.html>>. Acesso em: 24 dez. 2008. Página em inglês.

<<http://scienceweek.com/2004/sa040312-4.htm>>. Acesso em: 24 dez. 2008. Página em inglês.

Sugestões para a busca de informações sobre rapidez de transformações químicas:

CAMPBELL, J. A. *Por que ocorrem reações químicas?* 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1995.

PINHEIRO, P. C.; NERY, A. L. P. *Química*. Módulo 4. Pró-universitário. Governo do Estado de São Paulo / Secretaria da Educação do Estado de São Paulo / Universidade de São Paulo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na 3ª série serão estudadas a atmosfera, a hidrosfera e a biosfera como fontes de materiais úteis e necessários para a sobrevivência do ser humano.

Neste primeiro bimestre, foi estudada a atmosfera. Para entendê-la como fonte de materiais, procurou-se conhecer sua composição, o processo da destilação fracionada como processo industrial de separação de seus componentes e as utilizações dos gases dela extraídos. Para tanto, foram retomados e aprofundados conceitos como temperatura de ebulição, destilação fracionada e forças interpartículas.

Uma importante utilização industrial do gás nitrogênio ocorre na produção da amônia pelo processo de Haber-Bosch. Com esse estudo, procurou-se permitir que os alunos refletissem sobre o impacto da descoberta desse processo químico pela Alemanha no início do século XX (pouco antes da I Guerra Mundial). Para se entender a síntese da amônia, foi iniciado o estudo do equilíbrio químico, dando-se destaque à importância do controle de variáveis para que se consigam bons rendimentos, no menor tempo possível, para que se possa ter um processo economicamente viável.

O processo Haber permite a análise de como a temperatura, a pressão e a presença de

catalisadores modificam a rapidez de obtenção da amônia, assim como o seu rendimento, mas não fornece explicações. Por isso, a seguir foram estudados e identificados experimentalmente quais os possíveis efeitos da variação de alguns fatores, como temperatura, pressão, estado de agregação e concentração, assim como o uso de catalisadores, sobre a rapidez de uma transformação química. Posteriormente, foram analisados modelos microscópicos para explicar os efeitos de cada um dos fatores estudados.

As atividades propostas buscam permitir que os alunos sejam cognitivamente ativos para que possam entender os temas abordados e, ao mesmo tempo, para que aprendam a fazer transposições de saberes químicos e metodológicos para a sua vida diária. Espera-se, assim, facilitar o desenvolvimento de indivíduos que saibam usar conhecimentos para fazer escolhas e que tenham argumentos para defendê-las.

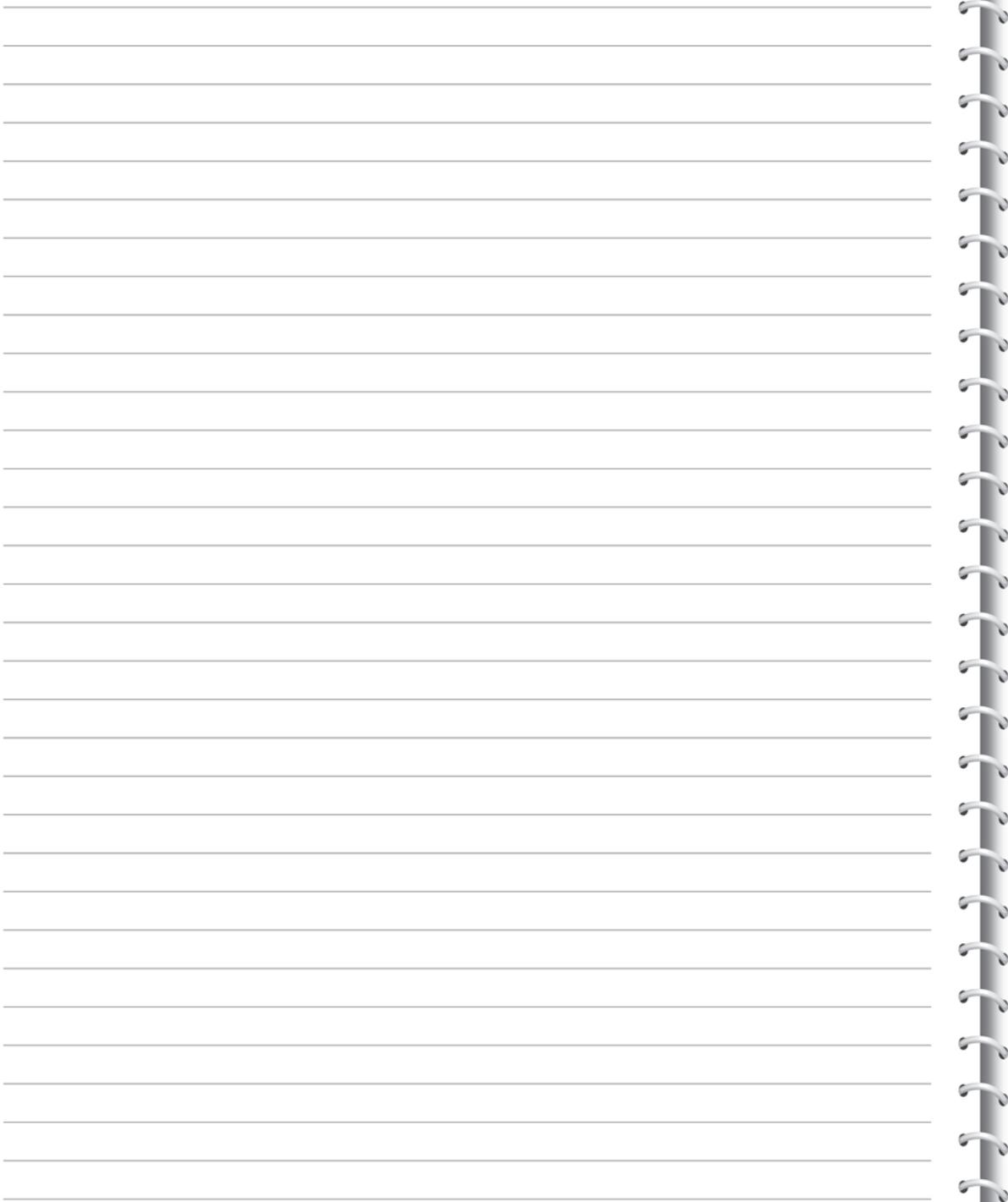
Procurou-se, ainda, dar sugestões que possam ajudar você, professor, a contextualizar os temas, a propiciar situações de ensino que permitam o desenvolvimento de competências e a buscar material referente aos temas que permitem a ampliação de conhecimentos sobre o mundo natural.

 Anotações



A spiral-bound notebook page with 25 horizontal lines for writing. The spiral binding is on the left side. The page is otherwise blank.

 *Anotações*



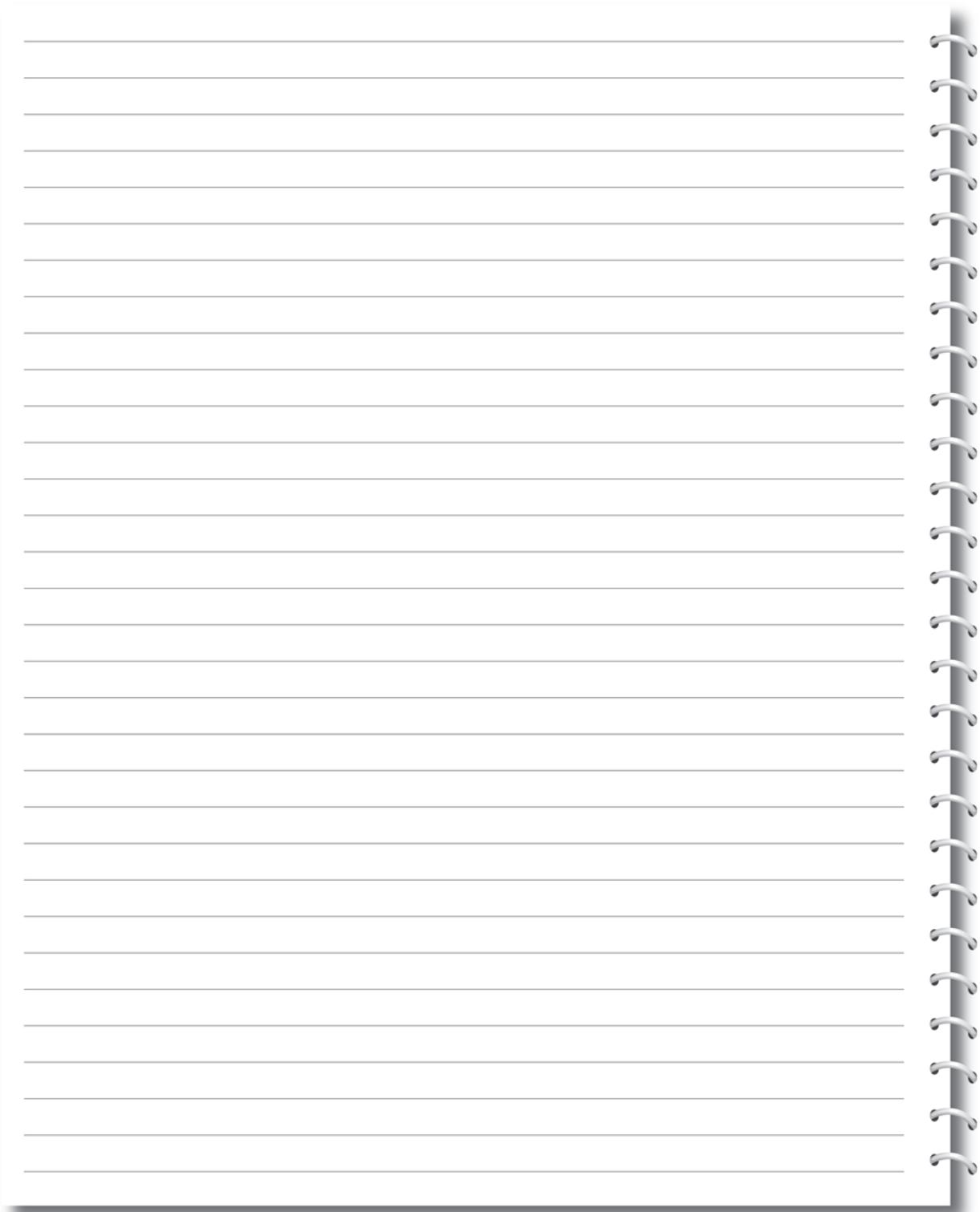
A spiral-bound notebook with a silver metal spiral binding on the right side. The page is filled with horizontal lines for writing. The lines are evenly spaced and extend across the width of the page, leaving a small margin on the left.

 Anotações



A spiral-bound notebook page with 25 horizontal lines for writing. The spiral binding is on the left side. The page is otherwise blank.

 *Anotações*



A spiral-bound notebook page with horizontal lines. The spiral binding is on the right side. The page is otherwise blank.