

caderno do
PROFESSOR

QUÍMICA



ensino médio
1ª SÉRIE
volume 4 - 2009



GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO

Governador
José Serra

Vice-Governador
Alberto Goldman

Secretário da Educação
Paulo Renato Souza

Secretário-Adjunto
Guilherme Bueno de Camargo

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

Coordenador de Ensino do Interior
Rubens Antonio Mandetta

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
Luis 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
Luis Martins e Renê 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, Fabiola Bovo
Mendonça, Felipe Bandoni de Oliveira, Lucilene
Aparecida Esperante Limp, Maria Augusta
Querubim Rodrigues Pereira, Olga Aguiar
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 Lisbôa, 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: Luis Carlos de Menezes, Estevam
Rouxinol, Guilherme Brockington, Ivã Gurgel, Luis
Paulo de Carvalho Piassi, Marcelo de Carvalho
Bonetti, Maurício Pietrocola Pinto de Oliveira,
Maxwell Roger da Purificação Siqueira, Sonia
Salem e Yassuko Hosoume

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

Linguagens, Códigos e suas Tecnologias

Arte: Gisa Picosque, Mirian Celeste Martins,
Geraldo de Oliveira Suzigan, Jéssica Mami Makino
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, Lívia 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 Luís 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
Murrrie

Equipe de Produção

Coordenação Executiva: Beatriz Scavazza

Assessores: Alex Barros, 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, Ruy César Pietropaolo, 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 Murrrie

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

São Paulo (Estado) Secretaria da Educação.

S239c Caderno do professor: química, ensino médio – 1ª série, volume 4 / Secretaria da Educação; coordenação geral, Maria Inês Fini; equipe, Denilse Moraes Zambom, Fabio Luiz de Souza, Hebe Ribeiro da Cruz Peixoto, Isis Valença de Sousa Santos, Luciane Hiromi Akahoshi, Maria Eunice Ribeiro Marcondes, Maria Fernanda Penteadado Lamas, Yvone Mussa Esperidião. – São Paulo : SEE, 2009.

ISBN 978-85-7849-443-8

1. Química 2. Ensino Médio 3. Estudo e ensino I. Fini, Maria Inês. II. Zambom, Denilse Moraes. III. Souza, Fabio 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 Penteadado. IX. Esperidião, Yvone Mussa. X. Título.

CDU: 373.5:54

Caras professoras e caros professores,

Este exemplar do Caderno do Professor completa o trabalho que fizemos de revisão para o aprimoramento da Proposta Curricular de 5^a a 8^a séries do Ensino Fundamental – Ciclo II e do Ensino Médio do Estado de São Paulo.

Graças às análises e sugestões de todos os professores pudemos finalmente completar um dos muitos recursos criados para apoiar o trabalho em sala de aula.

O conjunto dos Cadernos do Professor constitui a base estrutural das aprendizagens fundamentais a serem desenvolvidas pelos alunos.

A riqueza, a complementaridade e a marca de cada um de vocês nessa elaboração foram decisivas para que, a partir desse currículo, seja possível promover as aprendizagens de todos os alunos.

Bom trabalho!

Paulo Renato Souza

Secretário 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 Caderno 8

Situações de Aprendizagem 10

Situação de Aprendizagem 1 – Quantidade de matéria e sua unidade (mol) 10

Situação de Aprendizagem 2 – Previsão das quantidades de reagentes e de produtos nas transformações químicas 20

Situação de Aprendizagem 3 – Energia liberada ou absorvida nas transformações químicas 32

Situação de Aprendizagem 4 – Impactos sociais e ambientais decorrentes da extração de matérias-primas e da produção de ferro, cobre e outros metais 36

Proposta de Situação de Recuperação 41

Questões para avaliação 43

Recursos para ampliar a perspectiva do professor e do aluno para a compreensão do tema 47

Considerações finais 47

SÃO PAULO FAZ ESCOLA – UMA PROPOSTA CURRICULAR PARA O ESTADO

Caros(as) professores(as),

Este volume dos Cadernos do Professor completa o conjunto de documentos de apoio ao trabalho de gestão do currículo em sala de aula enviados aos professores em 2009.

Com esses documentos, a Secretaria espera apoiar seus professores para que a organização dos trabalhos em sala de aula seja mais eficiente. Mesmo reconhecendo a existência de classes heterogêneas e numerosas, com alunos em diferentes estágios de aprendizagem, confiamos na capacidade de nossos professores em lidar com as diferenças e a partir delas estimular o crescimento coletivo e a cooperação entre eles.

A estruturação deste volume dos Cadernos procurou mais uma vez favorecer a harmonia entre o que é necessário aprender e a maneira mais adequada, significativa e motivadora de ensinar aos alunos.

Reiteramos nossa confiança no trabalho dos professores e mais uma vez ressaltamos o grande significado de sua participação na construção dos conhecimentos dos alunos.

Maria Inês Fini

Coordenadora Geral
Projeto São Paulo Faz Escola



FICHA DO CADERNO

Metais: obtenção e impactos socioambientais

Nome da disciplina: Química

Área: Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Etapa da educação básica: Ensino Médio

Série: 1^a

Volume: 4

Temas e conteúdos:

- Quantidade de matéria e sua unidade (mol)
- Previsão das quantidades de reagentes e de produtos nas transformações químicas
- Energia liberada ou absorvida nas transformações químicas
- Impactos sociais e ambientais decorrentes da extração de matérias-primas e da produção de ferro, cobre e outros metais

O RIENTAÇÃO SOBRE OS CONTEÚDOS DO CADERNO

Caro(a) professor(a),

Neste Volume 4, o estudo das transformações químicas, tema central da 1ª série do Ensino Médio, será aprofundado com a introdução do conceito de quantidade de matéria e sua unidade – o mol. A aplicação desse conceito na análise das relações proporcionais envolvidas nas transformações químicas auxilia a realização de previsões das quantidades de reagentes e produtos. Esse tipo de estudo das transformações químicas (estequiometria) mostra-se relevante sobretudo no sistema produtivo, pois prever quantidades e minimizar desperdícios é essencial.

Assim, o estudo da obtenção de metais pode ser ampliado ao se discutir a estequiometria envolvida nesse processo. A produção de cobre e de ferro será retomada e espera-se que os estudantes compreendam que existem quantidades ideais de matérias-primas envolvidas nesses processos, e que elas podem ser conhecidas pelo estudo da estequiometria das transformações químicas.

Além disso, propõe-se estudar os impactos socioambientais envolvidos na extração de minérios, na produção e no descarte de metais. Alguns desses impactos, analisados inicialmente na produção de ferro e cobre, são comuns à obtenção de outros metais e serão abordados por meio de pesquisas realizadas pelos estudantes.

As competências priorizadas neste volume, também fundamentadas na matriz de competências do Exame Nacional do Ensino Médio (Enem), resumidamente, são:

- ▶ Compreender e utilizar a linguagem simbólica própria da Química na representação das transformações químicas envolvidas na produção de ferro e cobre e em outros processos; compreender e utilizar a linguagem matemática própria da Química, relacionando devidamente as grandezas e suas unidades de medidas.
- ▶ Construir e aplicar conceitos, como quantidade de matéria e massa molar, na análise quantitativa das transformações químicas para explicar as proporções existentes entre reagentes e produtos e fazer previsões.
- ▶ Selecionar, organizar e interpretar dados e informações sobre a extração de minérios, produção e descarte de metais que auxiliem na tomada de decisões de forma mais consciente e na revisão dos padrões de consumo pautadas em princípios científicos.
- ▶ Relacionar informações de diversas áreas do conhecimento, como características geográficas, socioeconômicas, distribuição dos recursos minerais e outras matérias-primas, custo de produção, formas de comercialização e impactos ambientais, refe-

rentes à extração de minérios, produção e ao descarte de metais, a fim de desenvolver argumentações consistentes e embasadas em conhecimentos científicos.

- ▶ Propor intervenção na sociedade (casa, escola, comunidade local, país etc.) que promova, ao mesmo tempo, melhoria na qualidade de vida de todos e mudanças de atitudes que resultem em menores impactos ambientais.

Ao longo do desenvolvimento desses conteúdos, pode-se deparar com algumas dificuldades apresentadas pelos estudantes. Por exemplo:

- ▶ Compreensão do conceito de quantidade de matéria, que envolve relações matemáticas, conceitos científicos e abstrações em âmbito microscópico.
- ▶ Relação entre muitas grandezas em um só problema (quantidade de matéria, massa, número de partículas, energia).

- ▶ Realização de cálculos e expressão dos resultados em suas unidades adequadas.

Para superar essas dificuldades, propõe-se como estratégia didática a realização de atividades diversificadas, como pesquisas, experimentos investigativos, demonstrações, seminários, usos de esquemas, exercícios, proposição de problemas e desafios.

A avaliação dos produtos dos estudantes, ao longo do bimestre, deve contemplar os conteúdos e competências descritos em cada Situação de Aprendizagem, priorizando aqueles necessários para a continuidade dos estudos. Esses conteúdos e competências devem possibilitar a compreensão das complexas questões socioambientais, científicas e tecnológicas relacionadas ao tema “Metais” e o desenvolvimento de atitudes dos estudantes diante delas.

SITUAÇÕES DE APRENDIZAGEM

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 1 QUANTIDADE DE MATÉRIA E SUA UNIDADE (MOL)

A discussão sobre as relações entre as quantidades envolvidas na produção de metais, iniciada no volume anterior, será ampliada nesta Situação de Aprendizagem com a introdução do conceito de quantidade de matéria e sua unidade, o mol.

Para tanto, os estudantes criarão uma unidade apropriada para medir quantidades de grãos de cereais e será estabelecida uma analogia com a qual se espera tornar mais compreensível a grandeza química quantidade de matéria (mol).

Organização de pesquisa da Situação de Aprendizagem 1

Para a ampliação do tema “Metais”, sugere-se que os estudantes realizem pesquisas sobre alguns focos de interesse dentro dessa temática (no Caderno do Aluno – CA, o tema será desenvolvido por meio de uma Pesquisa em Grupo). Neste início de bimestre, propõe-se uma pesquisa em grupo e orientações para sua realização. Cada grupo pode estudar um metal diferente, como alumínio, manganês, estanho, zinco, níquel, ouro, cromo ou chumbo. Sugere-se os seguintes tópicos de pesquisa sobre a produção de cada um desses metais ou outros considerados importantes:

- ▶ principais minérios dos quais se pode obter esse metal (se ele não ocorrer na forma nativa);
- ▶ localização das principais jazidas desses minérios no Brasil e no mundo;
- ▶ transformações químicas envolvidas no processo de obtenção desse metal;
- ▶ aplicações desse metal na indústria e no cotidiano;
- ▶ dados de produção mundial e nacional de minério e de metal;
- ▶ impactos socioambientais na extração, produção e descarte do minério e do metal;
- ▶ descarte e reciclagem do metal;
- ▶ uma reportagem sobre problema ambiental relacionado à extração, à produção ou ao descarte do metal.

Como possibilidade de avaliação do processo de pesquisa, e não apenas de seu produto final, pode-se solicitar aos grupos a entrega

de relatórios parciais contendo um ou dois tópicos já pesquisados em datas predefinidas ao longo do bimestre.

Essa pesquisa poderá ser apresentada na forma de seminários, debates, cartazes, relatórios ou qualquer outro meio que o professor julgar adequado. Essa apresentação constitui a Atividade 2 da Situação de Aprendizagem 4 e é conveniente propô-la no início do bimestre para que os estudantes tenham tempo suficiente para prepará-la.

Na tentativa de ampliar as competências leitoras e escritoras, os grupos podem produzir cartazes para expor na sala de aula

ou resumos, em forma de folhetos, para distribuir aos outros grupos. A produção de folhetos para avaliar e divulgar os produtos dos estudantes tem-se mostrado uma estratégia didática que apresenta bons resultados, gerando motivação e mobilizando outras competências que, em geral, não são desenvolvidas nas aulas de Química. É conveniente também definir com os estudantes os critérios de avaliação dessa atividade. Pode-se avaliar, por exemplo, oralidade, domínio do conteúdo, qualidade estética da apresentação, envolvimento dos membros do grupo na pesquisa, produção e apresentação do trabalho etc.

Tempo previsto: 4 aulas.

Conteúdos e temas: quantidade de matéria, mol e massa molar.

Competências e habilidades: estabelecer relações entre quantidade de matéria, massa e número de partículas.

Estratégias de ensino: atividade de analogia com o conceito de quantidade de matéria; exercícios.

Recursos: dicionários de português; balança, grãos de arroz, feijão e milho (opcional).

Avaliação: respostas às questões e aos exercícios propostos ao longo da atividade.

Atividade 1 – Contando grãos

Antes de iniciar a atividade, sugere-se que sejam providenciados dicionários de português e que seja solicitado a alguns estudantes que consultem os termos “resma”, “dúzia”, “cento”, “grosa”, “milha”, “galão” e “arroba”. Os significados desses termos podem ser lidos para toda a turma e registrados na lousa. Pode-se enfatizar que o uso desses termos, em

muitos casos, facilita a representação de grandes quantidades de objetos. Na conclusão deste momento inicial, deve-se dizer que, na Química, também existe uma grandeza para medir grandes quantidades de partículas, que será abordada nesta Situação de Aprendizagem.

Nesta atividade, os estudantes, divididos em grupos ou individualmente, poderão criar uma unidade de quantidade de grãos e usá-

-la para determinar e representar diferentes quantidades (grãos) de arroz, feijão e milho.

O objetivo é desenvolver uma analogia com a unidade de quantidade de matéria, assunto que será tratado na próxima atividade. Nela, pode-se também desenvolver o raciocínio lógico-matemático ao se estabelecer relações proporcionais entre número de grãos, unida-

de de quantidade de grãos e suas respectivas massas.

A seguir, são propostas algumas questões para o desenvolvimento dessa atividade. Apresenta-se também uma tabela com as massas médias de alguns grãos determinadas experimentalmente (a tabela e as questões constam na Atividade 1 – Contando Grãos, no CA).

Alimentos	Massa média de 1 grão (g)
Arroz	0,020
Feijão	0,40
Milho	0,15

Pode-se usar esses dados na atividade ou, caso haja uma balança com boa sensibilidade na escola (duas ou três casas decimais), os próprios alunos poderão determinar esses valores de massa, com o seu auxílio. Isso pode ser feito pesando-se dez grãos escolhidos aleatoriamente de um dos alimentos e obtendo-se a média aritmética da massa de um grão.

1. Com base nos dados da tabela, calcule o número de grãos de arroz em um 1 kg de arroz. Admita que todos os grãos de arroz sejam iguais.
2. Adote o número calculado de grãos em 1 kg de arroz como sua unidade de quantidade de grãos. Crie um nome e um símbolo para essa unidade.

Orientação para a questão 2: cada grupo de alunos pode escolher o nome que desejar

para a unidade criada, ou pode ser feita uma rápida votação na sala para estabelecer um nome que será usado por todos. Por exemplo, pode-se definir que 50 000 grãos equivalem a “1 batoque” ou “1 pote” – ou qualquer outro nome criativo, ou mesmo estranho, proposto por eles –, e essas unidades podem ser representadas por “1 bq” ou “1 pt”. Assim, 1 bq de arroz equivaleria a 50 000 grãos de arroz.

3. Complete a frase: “Assim como em uma dúzia (1 dz) temos 12 unidades, em um(a) _____ (1___) temos _____ grãos”.
4. Com base nos resultados das questões anteriores, determine a quantidade em unidade de grãos (na unidade criada) em 5 kg de arroz. Essa quantidade equivale a quantos grãos de arroz?
5. Qual é a massa de 10___ (unidade criada) de arroz?

6. Complete a tabela a seguir:

Número de grãos	Quantidade de grãos em unidade (—)	Massa de arroz
50 000	1	1 000 g
		10 kg
	2	
5 000		
	12	

Deve-se orientar os estudantes com relação às unidades de massa desejadas nas respostas finais, que podem ser grama (g) ou quilograma (kg), e talvez usar notação científica. Por exemplo, na última linha da tabela, eles devem relacionar 12 unidades de quantidade de grãos com 600 000 grãos de arroz e uma massa de 12 000 g. O número de grãos, por ser relativamente grande, pode ser expresso também como $6,0 \times 10^5$ grãos de arroz. Pelo mesmo motivo, pode-se sugerir que se represente a massa de 12 unidades de quantidade de grãos como 12 kg de arroz ou $1,2 \times 10^4$ g de arroz, em vez de 12 000 g de arroz. Saber converter as unidades de massa e expressar os números

em notação científica são competências que podem ajudar muito na resolução de alguns problemas químicos que serão abordados nas próximas Situações de Aprendizagem e nas etapas posteriores do ensino de Química.

Pode-se questionar os estudantes se essa unidade de quantidade de grãos, criada para medir quantidade de arroz, poderia ser usada para contar outros tipos de grãos. Eles podem tentar completar um esquema de equivalência, como o apresentado a seguir, e identificar as semelhanças e diferenças entre essas quantidades. Pode-se conduzir a discussão desse esquema realizando os cálculos necessários com eles.

1 (símbolo da unidade) $\xrightarrow{\text{equivale a}}$ 50 000 grãos

1 (símbolo da unidade) de arroz $\xrightarrow{\text{equivale a}}$ 50 000 grãos de arroz $\xrightarrow{\text{equivalem a}}$ 1 kg de arroz

1 (símbolo da unidade) de feijão $\xrightarrow{\text{equivale a}}$ 50 000 grãos de feijão $\xrightarrow{\text{equivalem a}}$ ___ kg de feijão

1 (símbolo da unidade) de milho $\xrightarrow{\text{equivale a}}$ 50 000 grãos de milho $\xrightarrow{\text{equivalem a}}$ ___ kg de milho

Nesse esquema, deve-se destacar o fato de que a unidade de quantidade de grãos contém sempre o mesmo número de grãos, independentemente do alimento, o que pode significar

massas diferentes (1 kg de arroz, 20 kg de feijão e 7,5 kg de milho). Caso se considere necessário, podem ser propostas outras questões. A seguir, apresentam-se algumas sugestões que

podem ser úteis à ampliação do entendimento dos estudantes sobre essas relações numéricas (no CA, estas questões constam em Exercícios em Sala de Aula).

7. Quantos grãos há em 3 (nome da unidade) de feijão?
8. Qual é a massa de 5 (nome da unidade) de grãos de milho?
9. O que tem maior massa: 2 (nome da unidade) de feijão ou 5 (nome da unidade) de milho?

A atividade pode ser finalizada, discutindo-se os resultados encontrados pelos estudantes e avaliando-se a compreensão do significado da unidade criada por eles mediante outras questões simples, elaboradas de acordo com as dificuldades detectadas ao longo do acompanhamento do processo. Uma síntese da atividade pode ser elaborada, enfatizando a relação entre massa, número de grãos e unidade de quantidade de grãos.

É possível também iniciar uma desconstrução da analogia desenvolvida nesta atividade comentando que, assim como foi criada pelos estudantes uma unidade fictícia para calcular e representar quantidades de grãos, na Química há uma unidade real apropriada para calcular e representar quantidades de matéria (átomos, moléculas e outras espécies químicas), que será estudada na atividade seguinte.

* Assim como ocorreu no bimestre anterior quando se definiu unidade de massa atômica, não é necessário ou recomendável, neste momento, discutir a existência de diferentes isótopos de carbono, pois o modelo atômico adotado até então continua sendo o proposto por Dalton.

Atividade 2 – Unidade de quantidade de matéria

Esta atividade deve ser realizada em sala de aula por meio de uma exposição dialogada. As informações apresentadas a seguir podem ser registradas na lousa de forma resumida. As relações entre massa e número de partículas serão estabelecidas na construção do conceito de quantidade de matéria.

Como visto na atividade anterior, o uso de unidades apropriadas para representar grandes quantidades pode facilitar cálculos e tornar mais simples as representações. Por exemplo, é mais conveniente dizer que em um pacote com 5 kg de arroz há 5___ (unidades de quantidade de grãos) do que dizer que nesse pacote de arroz há 250 000 grãos de arroz.

Na Química, o uso de unidades convenientes para representar as quantidades de partículas é ainda mais significativo, visto que em pequenas porções de matéria há quantidades quase inimagináveis de átomos ou partículas. Como exemplo, em uma única gota de água, com cerca de 0,050 g, há a incrível quantidade de $1,7 \times 10^{21}$ partículas de água!

Assim, com o passar do tempo, os químicos adotaram o número de átomos presentes em 12 g de carbono*, obtido experimentalmente, como a unidade da grandeza quantidade de matéria (n). Esse número de átomos de carbono

no foi então denominado de **mol**, unidade cujo símbolo também é mol. Atualmente, é possível determinar, por meio de uma técnica chamada espectroscopia de massa, que a massa de um átomo de carbono de massa 12 vale $1,9926 \times 10^{-23}$ g. Assim, o número de átomos de carbono existentes em exatamente 12 g de carbono de massa 12 pode ser calculado facilmente:

número de átomos presentes em 12 g de

$$^{12}\text{C} = \frac{12 \text{ g}}{1,9926 \times 10^{-23} \text{ g}} \cong 6,02 \times 10^{23} \text{ átomos} =$$

1 mol

Isso equivale a dizer que em 12 g de carbono existem cerca de 602 sextilhões de átomos de carbono. Esse número gigantesco ficou conhecido como constante de Avogadro, em homenagem a Lorenzo Romano Amedeo Carlo Avogadro, cientista italiano que defendeu as ideias de Dalton no início do século XIX, ajudando a estabelecer a concepção atomística da matéria.

Sugere-se escrever na lousa o valor de 602 sextilhões por extenso para que os alunos percebam a grandeza desse valor: 602 000 000 000 000 000 000 000. A fim de facilitar os cálculos para eles, recomenda-se utilizar a constante de Avogadro simplificada ($6,0 \times 10^{23}$), que será usada neste Caderno.

Usa-se a unidade mol para expressar quantidades de quaisquer espécies químicas:

1 mol de átomos de sódio = $6,0 \times 10^{23}$ átomos de sódio

1 mol de moléculas de água = $6,0 \times 10^{23}$ moléculas de água

É preciso lembrar que o fato de haver exatamente a mesma quantidade de partículas em 1 mol de água ou de sódio não significa dizer que 1 mol de água tenha a mesma massa que 1 mol de sódio. É possível relembrar, neste momento, que na Atividade 1, quando se comparava uma unidade de quantidade de grãos de feijão e de milho, por exemplo, embora se considerasse a mesma quantidade de grãos, as massas de feijão e milho eram diferentes (20 kg e 7,5 kg, respectivamente). Da mesma forma, 1 mol de moléculas de água apresenta massa diferente de 1 mol de átomos de sódio ou de carbono.

O conceito de massa molar pode, então, ser apresentado como a massa de 1 mol de partículas de certa espécie química. Por exemplo, a massa de 1 mol de átomos de carbono é 12 g, ou seja, a massa molar do carbono é 12 g/mol. De modo semelhante, $6,0 \times 10^{23}$ moléculas de água, ou seja, 1 mol de água, apresenta massa molar 18 g/mol. Pode-se apresentar na lousa uma relação de algumas substâncias, suas fórmulas químicas e respectivas massas molares, como é mostrado a seguir, destacando o fato de, em todos os casos, haver a mesma quantidade de partículas da substância em questão, $6,0 \times 10^{23}$ partículas.

1 mol de carbono (C) $\xrightarrow{\text{equivale a}}$ 12 g $\xrightarrow{\text{significa que}}$ massa molar (C) = $12 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$

1 mol de água (H₂O) $\xrightarrow{\text{equivale a}}$ 18 g $\xrightarrow{\text{significa que}}$ massa molar (H₂O) = $18 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$

1 mol de dióxido de carbono (CO₂) $\xrightarrow{\text{equivale a}}$ 44 g $\xrightarrow{\text{significa que}}$ massa molar (CO₂) = $44 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$

1 mol de glicose (C₆H₁₂O₆) $\xrightarrow{\text{equivale a}}$ 180 g $\xrightarrow{\text{significa que}}$ massa molar (C₆H₁₂O₆) = $180 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$

Pode-se questionar os estudantes sobre como é possível saber a massa molar de cada substância: *Seria necessário determinar experimentalmente esses valores? O professor teria decorado cada um deles? É possível prever ou calcular essas massas?*

Finalmente, pode-se ressaltar o fato de que ter escolhido 12 g de carbono, cujos átomos apresentam massa atômica 12 u, como padrão da quantidade de matéria faz com

que as massas molares das substâncias sejam numericamente iguais às massas de suas partículas, expressas em unidade de massa atômica (u). O cálculo da massa de uma partícula de certa substância com base em sua fórmula molecular foi estudado no bimestre anterior, mas é interessante revisá-lo nesta atividade. Para ilustrar essas ideias, pode-se construir na lousa, com os alunos, uma tabela que represente essas relações entre massa e quantidade de partículas.

Massa dos átomos	Fórmula da substância	Massa de 1 partícula da substância	Massa molar da substância
C = 12 u	C	12 u	12 g/mol
Fe = 56 u	Fe	56 u	56 g/mol
H = 1 u; O = 16 u	H ₂ O	18 u	18 g/mol
C = 12 u; O = 16 u	CO ₂	44 u	44 g/mol

Embora as massas moleculares e molares apresentem valores numericamente iguais, seus significados são diferentes. Enquanto as massas moleculares e atômicas, expressas em unidade de massa atômica (u), representam a massa de uma única partícula, as massas molares representam a massa de um mol de partículas, ou seja, a massa apresentada por $6,0 \times 10^{23}$ partículas.

Essas ideias referentes à relação entre mol e massa molar podem ser apresentadas, pontuando-se as principais na lousa (no CA, as questões 1, 2 e 3 dos Exercícios em Sala de Aula exploram essas ideias).

A fim de diagnosticar o grau de compreensão dos estudantes sobre mol e massa molar, é interessante construir e completar uma

tabela como a apresentada na questão 6 da atividade anterior (no CA, esta tabela consta na questão 4).

Número de partículas (átomos, moléculas e outros)	Quantidade de matéria (mol)	Massa (g)
$6,0 \times 10^{23}$	1 mol de O_2	32 g
	2 mol de O_2	
	2 mol de C	
18×10^{23}	— mol de C	
	— mol de Fe	112 g

A seguir, são apresentadas também algumas sugestões de questões e exercícios propostos como Lição de Casa no CA.

1. Sabendo que a massa molecular da água é 18 u, qual é sua massa molar? Qual é a diferença de significado entre esses dois valores?
2. A massa atômica do ferro (Fe) é 56 u. Quantos átomos de Fe existem em 56 g de ferro?
3. Quantos átomos de Fe existem aproximadamente em um prego de massa 2,8 g? Suponha que o prego é feito somente de ferro.
4. Que quantidade de matéria está presente em 22 g de dióxido de carbono? Isso equivale a quantos átomos de carbono e de oxigênio, respectivamente?

Grade de Avaliação da Situação de Aprendizagem 1

Nesta Situação de Aprendizagem, espera-se que os estudantes possam estabelecer relações entre quantidade de matéria, massa e número de partículas tanto na Atividade 1, em que se propôs a criação de uma unidade fictícia para contar grãos, quanto na Atividade 2, que introduziu a grandeza química quantidade de matéria e sua unidade, o mol.

Na Atividade 1, os estudantes puderam, com base na determinação do número de grãos de arroz existentes em 1 kg de arroz (50 000 grãos), criar uma unidade de quantidade de grãos e usá-la apropriadamente ao calcular e expressar diferentes quantidades.

Na questão 4, eles devem associar uma massa de 5 kg de arroz, uma quantidade cinco vezes maior do que o padrão adotado, a uma quantidade de grãos também cinco vezes

maior que o padrão, ou seja, 5 unidades de quantidade de grãos.

Na questão 5, eles devem relacionar, de forma proporcional, 10 unidades de quantidade de grãos a uma massa dez vezes maior do

que a massa de uma unidade de quantidade de grãos. Assim, a massa de 10 “bq” de arroz teria massa de 10 kg.

Na questão 6, pode-se completar a tabela da seguinte forma:

Número de grãos	Quantidade de grãos em unidade (—)	Massa de arroz
50 000	1	1 000 g ou 1 kg
500 000	10	10 000 g ou 10 kg
100 000	2	2 000 g ou 2 kg
5 000	0,1	100 g ou 0,1 kg
600 000	12	12 000 g ou 12 kg

Nas questões 7, 8 e 9, deve-se transformar valores de unidade de quantidade de grãos em número de grãos e em massa. As respostas esperadas para as questões são apresentadas, resumidamente, a seguir:

Questão 7: 150 000 grãos de feijão, ou seja, $1,5 \times 10^5$ grãos de feijão.

Questão 8: 37 500 g de milho; 37,5 kg ou $3,75 \times 10^4$ g.

Questão 9: feijão: 40 kg; milho: 37,5 kg. Portanto, 2 “bq” de feijão tem maior massa do que 5 “bq” de milho.

Nas discussões das questões propostas para a Atividade 2, é importante ter cuidado especial em relação à compreensão dos conceitos de quantidade de matéria e massa molar.

É possível que os estudantes não apresentem dificuldades na realização dos cálculos químicos, mas isso não significa que os conceitos de quantidade de matéria e massa molar tenham sido compreendidos. Deve-se avaliar não apenas as respostas finais dadas aos exercícios e problemas, mas, principalmente, se foram fruto da construção de um novo conhecimento ou da mecanização de uma operação matemática.

Espera-se, na resolução da questão 1, que os alunos relembrem o conceito de massa molecular (massa de uma única partícula, expressa em unidades de massa atômica) e o diferenciem do conceito de massa molar (massa de 1 mol de partículas, expressa em g/mol). Eles devem também compreender que a massa molar é numericamente igual à massa molecular; portanto, a massa molar da água é 18 g/mol.

Na questão 2, deve-se relacionar a massa molar do ferro à quantidade de matéria nele presente. Sendo a massa molar do ferro 56 g/mol, pode-se dizer que em 56 g de ferro há 1 mol de átomos de ferro, ou seja, $6,0 \times 10^{23}$ átomos de ferro.

Com base na questão anterior, eles devem estabelecer uma relação de proporcionalidade entre as quantidades de átomos de ferro existentes em 1 mol de ferro e em 2,8 g de ferro. Uma possível resolução à questão 3 está indicada a seguir:

$$\frac{n^{\circ} \text{ de átomos}}{\text{massa}} \Rightarrow \frac{6,0 \times 10^{23} \text{ átomos}}{56 \text{ g}} = \frac{X}{2,8 \text{ g}} \Rightarrow$$

$$X = \frac{2,8 \text{ g} \times 6,0 \times 10^{23} \text{ átomos}}{56 \text{ g}} = 3,0 \times 10^{22} \text{ átomos}$$

Na questão 4, os estudantes devem retomar a fórmula do dióxido de carbono e calcular sua massa molar. Com esse valor em mãos, devem calcular a quantidade de matéria presente em 22 g dessa substância e o número de átomos de carbono e oxigênio nela contidos.

$$\text{Massa molar } (CO_2) = 12 + 2 \times 16 = 44 \text{ g/mol}$$

$$\frac{1 \text{ mol}}{44 \text{ g}} = \frac{n}{22 \text{ g}} \Rightarrow n = \frac{1 \text{ mol} \times 22 \text{ g}}{44 \text{ g}} = 0,5 \text{ mol}$$

$$\frac{6,0 \times 10^{23} \text{ moléculas}}{44 \text{ g}} = \frac{X}{22 \text{ g}} \Rightarrow$$

$$X = \frac{22 \text{ g} \times 6,0 \times 10^{23} \text{ moléculas}}{44 \text{ g}} =$$

$$3,0 \times 10^{23} \text{ moléculas de } CO_2$$

Outra possibilidade de resolução é:

$$\frac{6,0 \times 10^{23} \text{ moléculas}}{1 \text{ mol}} = \frac{X}{0,5 \text{ mol}} \Rightarrow$$

$$X = \frac{6,0 \times 10^{23} \text{ moléculas} \times 0,5 \text{ mol}}{1 \text{ mol}} =$$

$$3,0 \times 10^{23} \text{ moléculas de } CO_2$$

Como existe um átomo de C e dois de O em cada molécula de CO_2 , há, então, $3,0 \times 10^{23}$ átomos de C e $6,0 \times 10^{23}$ átomos de O em 22 g de CO_2 .

Como os conceitos envolvidos nesta Situação de Aprendizagem não são simples, deve-se dar tempo para que os estudantes possam desenvolver seu raciocínio e construir seu conhecimento. Ao desenvolver esses conteúdos, deve-se preferir questões simples, pois questões complexas podem resultar em um acúmulo de dúvidas e problemas conceituais, que poderão ser transferidos para as etapas escolares seguintes.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 2

PREVISÃO DAS QUANTIDADES DE REAGENTES E DE PRODUTOS NAS TRANSFORMAÇÕES QUÍMICAS

Nesta Situação de Aprendizagem, será discutido como fazer previsões quantitativas nas transformações químicas, em termos de quantidade de matéria (mol), número de átomos ou de moléculas e massas envolvidas.

Para isso, serão abordadas transformações realizadas na produção industrial e resgatados os conceitos de balanceamento de equações químicas, quantidade de matéria e massa molar.

Tempo previsto: 7 aulas.

Conteúdos e temas: cálculos estequiométricos em massa, em mol e em número de átomos ou moléculas nas transformações químicas e, em especial, na siderurgia e na produção do cobre.

Competências e habilidades: interpretar unidades de medida e equações químicas; relacionar grandezas como quantidade de matéria, massa e número de partículas envolvidas nas transformações químicas; utilizar o raciocínio proporcional; fazer previsões sobre quantidades nas transformações químicas e avaliar as possíveis implicações das relações quantitativas nas transformações químicas que ocorrem no sistema produtivo.

Estratégias de ensino: discussão em grupo; atividade experimental.

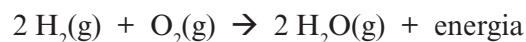
Recursos: materiais descritos no experimento.

Avaliação: respostas às questões e aos exercícios propostos ao longo da atividade.

Atividade 1 – Prevendo quantidades envolvidas nas transformações químicas: relação entre massa e quantidade de matéria

Nesta atividade, os estudantes analisarão as proporções existentes nas transformações químicas em termos de partículas, relacionando o balanceamento de equações químicas à quantidade de matéria em mol.

Pode-se utilizar um exemplo de transformação química, como a formação da água pela combustão do hidrogênio, escrever a equação química na lousa, interpretá-la e inserir uma nova leitura: a da quantidade de matéria, em mol.



2H_2	representa a substância hidrogênio ou o gás hidrogênio representa 2 partículas da substância hidrogênio; cada uma é formada por 2 átomos do elemento hidrogênio representa 2 mol de partículas da substância hidrogênio
O_2	representa a substância oxigênio ou o gás oxigênio representa 1 partícula da substância oxigênio, formada por 2 átomos do elemento oxigênio representa 1 mol de partículas da substância oxigênio
$2 \text{H}_2\text{O}$	representa a substância água representa 2 partículas de água; cada uma é formada por 2 átomos do elemento hidrogênio e 1 átomo do elemento oxigênio representa 2 mol de partículas da substância água

Assim, como cada termo da equação química fornece mais de um significado, uma interpretação possível pode ser: 2 mol de gás hidrogênio (2H_2) reagem com 1 mol de gás oxigênio (O_2), formando 2 mol de água ($2 \text{H}_2\text{O}$) no estado gasoso.

Para facilitar a compreensão das relações proporcionais entre as quantidades de

matéria envolvidas nas reações químicas, pode-se reproduzir o quadro a seguir na lousa, com as duas primeiras linhas preenchidas, e levantar a seguinte questão: *Qual é a quantidade de matéria, em mol, de gás hidrogênio e de gás oxigênio necessária para produzir 8 mol de água?* (no CA, essa questão é discutida nos Exercícios em Sala de Aula 1 e 2).

$2 \text{H}_2(\text{g})$	+	$\text{O}_2(\text{g})$	→	$2 \text{H}_2\text{O}(\text{g})$
2 mol de hidrogênio		1 mol de oxigênio		2 mol de água
				8 mol

O objetivo deste exercício é facilitar a percepção da proporcionalidade em mol, ou seja, para que a quantidade de matéria de água aumente 4 vezes, as quantidades de hidrogênio e de oxigênio necessárias para formar 8 mol de água deverão ser quatro vezes maior; portanto, serão necessários 8 mol de H_2 e 4 mol de O_2 .

Para facilitar o entendimento dos estudan-

tes, pode-se propor outras questões, informando, para dada transformação química, a quantidade de matéria de um dos reagentes, e perguntar qual seria a quantidade de matéria do outro reagente e a do produto formado. Neste início, é mais conveniente utilizar números de fácil verificação da proporcionalidade; por exemplo, o dobro, o triplo, a metade etc. (Exercícios em Sala de Aula 2 e 3, no CA).

Com o intuito de facilitar a compreensão do assunto estudado, pode ser realizada uma atividade experimental que solicite ao estudante a realização da previsão de quais seriam os produtos obtidos numa dada transformação, por meio da proporção entre reagentes e possíveis produtos (no CA, a atividade compõe o Roteiro de Experimentação).

Decomposição térmica do hidrogenocarbonato de sódio (bicarbonato de sódio)

Objetivo: usar os conhecimentos de estequiometria para determinar o produto sólido formado pela decomposição térmica do hidrogenocarbonato de sódio.

Materiais e reagentes

- ▶ 1 béquer de 150 mL;
- ▶ 1 tubo de ensaio (16 mm × 180 mm);
- ▶ 1 balança com precisão de 0,1 g;
- ▶ 1 pinça de madeira;
- ▶ hidrogenocarbonato de sódio (NaHCO_3);
- ▶ lamparina a álcool.

Procedimento

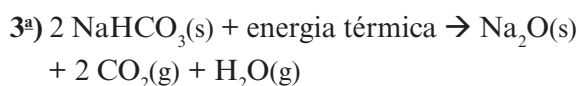
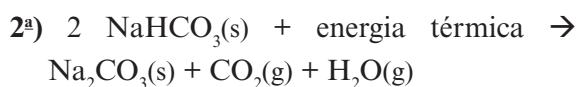
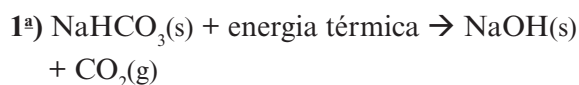
1. Apoie o tubo de ensaio no béquer e pese-os. Anote o valor.

A atividade é simples, mas necessita de balança e fonte de aquecimento. Antes de realizá-la ou de relatá-la (se não houver a possibilidade da realização), pode-se perguntar: *O que ocorre com o hidrogenocarbonato de sódio (bicarbonato de sódio) quando é aquecido? Quais são os produtos obtidos durante seu aquecimento?*

2. Adicione, aproximadamente, 1,5 g de hidrogenocarbonato de sódio ao tubo de ensaio. Pese novamente o sistema e anote exatamente a massa de hidrogenocarbonato encontrada.
3. Aqueça o tubo de ensaio com o hidrogenocarbonato por cerca de 5 minutos (use a pinça de madeira para segurar o tubo). Observe e anote.
4. Continue o aquecimento do tubo para eliminar o líquido formado. Aguarde o resfriamento do tubo apoiando-o no béquer (cerca de 2 minutos) e depois pese-o.
5. Aqueça por mais 1 minuto. Espere o resfriamento do sistema e verifique se a massa se mantém a mesma. Repita essa operação até a massa ficar constante.
6. Determine a massa do sólido formado e faça a previsão da reação de decomposição.

Experimento adaptado de: COCH, Juan A.; FIGUEIRA, Álvaro R.; ZEPKA, Marilene. *Ensinando a Química através de experiências nos cursos de 2º grau*. Rio Grande, RS: FURG, 1988.

Durante a realização do experimento, observa-se o embaçamento do tubo de ensaio e a permanência da cor do sólido após o aquecimento. Você pode apresentar aos alunos três possibilidades de transformações químicas que poderiam ocorrer:



(No CA, as Questões para Análise do Experimento trabalham com o entendimento dessa experiência.)

Pode-se informá-los de que o embaçamento observado no tubo é devido ao vapor de água formado na reação. Assim, a primeira possibilidade de transformação deve ser descartada.

Pela proporção em mol entre reagentes e produtos é possível encontrar a reação que ocorre na decomposição do hidrogenocarbonato de sódio. Neste momento, é interessante discutir com os estudantes que não é preciso calcular a quantidade de cada reagente e de cada produto envolvidos na reação, pois, como todos são proporcionais, só é necessário

obter a relação entre o hidrogenocarbonato de sódio e o sólido formado.

Para cada possibilidade, algumas questões podem ser levantadas para facilitar a compreensão (esses exercícios constituem as Questões para Análise do Experimento e são apresentados no CA de uma forma um pouco diferente da que aqui está exposta):

1. Qual é a proporção, em mol, existente entre hidrogenocarbonato de sódio (NaHCO_3) e o sólido formado na segunda e na terceira possibilidade? (No CA, Questões para Análise do Experimento, **2a** e **3a**.)

Tanto na segunda quanto na terceira possibilidade a proporção é de 2 mol de NaHCO_3 para 1 mol do sólido formado, ou seja, a quantidade de matéria de sólido formado é a metade da quantidade de matéria do hidrogenocarbonato decomposto.

2. A massa de 1,5 g de NaHCO_3 utilizada equivale a que quantidade de matéria? (No CA, Questões para Análise do Experimento, **2b** e **3b**.)

(massa molar do $\text{NaHCO}_3 = 84 \text{ g/mol}$)

$$\frac{\text{quantidade de matéria}}{\text{massa}} \rightarrow \frac{1 \text{ mol}}{84 \text{ g}} = \frac{X}{1,5 \text{ g}}$$

$$X = \frac{1 \text{ mol} \times 1,5 \text{ g}}{84 \text{ g}} \rightarrow X \cong 1,8 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

3. Admitindo que todo o NaHCO_3 tenha reagido, qual é a quantidade de matéria esperada do sólido formado na segunda e na terceira possibilidade? (No CA, Questões para Análise do Experimento, **2c** e **3c**.)

Como a quantidade de matéria de sólido formado é a metade da quantidade de matéria do hidrogenocarbonato de sódio decomposto, então, deve-se formar $0,90 \times 10^{-2}$ ou $9,0 \times 10^{-3}$ mol de sólido a partir de $1,8 \times 10^{-2}$ mol de hidrogenocarbonato.

As questões 4, 5, 6 correspondem à questão 4 no CA.

4. Considerando que tenha ocorrido a segunda possibilidade, qual é a massa de Na_2CO_3 que se formaria? Dado: massa molar do $\text{Na}_2\text{CO}_3 = 106$ g/mol.

2ª possibilidade de reação:

$2 \text{NaHCO}_3(\text{s})$	\rightarrow	$\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s})$	+	$\text{CO}_2(\text{g})$	+	$\text{H}_2\text{O}(\text{g})$
2 mol		1 mol				
$1,8 \times 10^{-2}$ mol		$9,0 \times 10^{-3}$ mol				
1,5 g		0,95 g				

3ª possibilidade de reação:

$2 \text{NaHCO}_3(\text{s})$	\rightarrow	$\text{Na}_2\text{O}(\text{s})$	+	$2 \text{CO}_2(\text{g})$	+	$\text{H}_2\text{O}(\text{g})$
2 mol		1 mol				
$1,8 \times 10^{-2}$ mol		$9,0 \times 10^{-3}$ mol				
1,5 g		0,56 g				

$$\frac{\text{massa}}{\text{quantidade de matéria}} \rightarrow \frac{106 \text{ g}}{1 \text{ mol}} =$$

$$\frac{X}{9,0 \times 10^{-3} \text{ mol}}$$

$$X \cong 9,5 \times 10^{-1} \text{ g ou } 0,95 \text{ g}$$

5. Considerando que tenha ocorrido a terceira possibilidade, qual é a massa de Na_2O que se formaria? Dado: massa molar do $\text{Na}_2\text{O} = 62$ g/mol.

$$\frac{\text{massa}}{\text{quantidade de matéria}} \rightarrow \frac{62 \text{ g}}{1 \text{ mol}} =$$

$$\frac{X}{9,0 \times 10^{-3} \text{ mol}}$$

$$X \cong 5,6 \times 10^{-1} \text{ g ou } 0,56 \text{ g}$$

Apresentam-se a seguir os quadros com as duas possibilidades e as respostas esperadas.

6. Comparando os valores de massa calculados e os obtidos experimentalmente, qual deve ser o produto da decomposição térmica do hidrogenocarbonato de sódio?

Pela massa obtida experimentalmente, a conclusão a que se pode chegar é que a transformação química ocorrida é a que leva à formação do carbonato de sódio, Na_2CO_3 , pois o valor previsto teoricamente na segunda possibilidade é o que mais se aproxima do resultado experimental obtido.

Atividade 2 – Prevendo quantidades envolvidas no processo de obtenção de ferro e de cobre

Esta atividade pode ser realizada em sala de aula por meio de uma exposição dialogada, registrando-se na lousa, de forma resumida, as informações apresentadas a seguir, enfatizando-se também a importância da previsão de quantidades de reagentes consumidos e produtos formados no sistema produtivo.

A previsão de quantidade de produtos obtidos ou de matérias-primas envolvidas nas transformações químicas é essencial no sistema produtivo. Um exemplo a ser discutido com os estudantes é a previsão de quantidade de substâncias envolvidas na produção do ferro-gusa.

Pode-se questioná-los sobre como é possível prever a massa de carvão (consideran-

do que o carvão contenha apenas átomos do elemento carbono) necessária para obter 1 tonelada de ferro, conhecendo-se a equação química e a proporção em mol existente entre ferro e carbono, assim como suas massas molares.

Retomando a equação de formação do ferro-gusa a partir do minério, já vista no Volume 3, pode-se sugerir que eles discutam em grupos esse problema. Algumas questões podem ser levantadas para que o raciocínio seja realizado em etapas.

- ▶ Qual é a proporção existente, em mol, entre carvão e ferro?
- ▶ Essas quantidades, em mol, de carvão e de ferro equivalem a que valores de massa, em gramas? (massas molares: C = 12 g/mol e Fe = 56 g/mol)
- ▶ Qual é a proporção existente em massa entre carvão e ferro?
- ▶ Qual é a massa de carvão necessária para obter 1,0 tonelada de ferro?

Você pode sugerir aos alunos que vejam a tabela a seguir no Caderno do Aluno e realizem a leitura das quantidades envolvidas na transformação em mol e em massa e, após perceberem a proporção, calculem a massa de carvão necessária para produzir 1,0 t de ferro (no CA, questão 1 dos Exercícios em Sala de Aula).

	2 Fe ₂ O ₃ (s)	+	6 C(s)	+	3 O ₂ (g)	→	4 Fe(l)	+	6 CO ₂ (g)
	óxido de ferro III		carvão		oxigênio		ferro		dióxido de carbono
Proporção em mol									
Proporção em massa									

No processo produtivo, entretanto, a quantidade de carvão empregada é maior do que a calculada pela estequiometria da reação. Pode-se solicitar aos alunos a explicação para essa diferença entre os valores. Por exemplo, sabe-se que é necessário 0,71 t de carvão vegetal para produzir 1,0 t de ferro, e o valor calculado é de 0,32 t de carvão (no CA, questão 2). Algumas considerações podem ser feitas após os estudantes exporem suas ideias:

- ▶ A combustão do carvão, além de fornecer o reagente CO, que vai interagir com o minério, também fornece a energia necessária para ocorrer a transformação.
- ▶ O carvão não contém apenas carbono (C), pois nele existem impurezas e umidade.
- ▶ O rendimento da reação depende da pureza dos reagentes envolvidos.
- ▶ O consumo de carvão depende também de fatores técnicos envolvidos na construção do alto-forno e no controle do processo siderúrgico.

Seria interessante propor um desafio aos estudantes, divididos em equipes de três componentes: prever quantas toneladas de carvão e de minério (óxido de ferro III) são utilizadas em uma indústria siderúrgica em um único dia, sabendo-se que essa siderúrgica produz diariamente $1,35 \times 10^4$ t de ferro-gusa. Um terço da turma calcularia a massa real de carvão, um terço calcularia a massa teórica de carvão e o restante calcularia a massa de minério necessária. Os dados obtidos podem ser anotados na lousa (no CA, essa atividade constitui a seção Desafio!).

Como visto no volume anterior, uma das etapas de produção de cobre metálico a partir da calcosita (Cu₂S) consiste em aquecê-la na presença de oxigênio:



Com base na quantidade conhecida de um dos componentes, é possível prever a quantidade do outro. Se, por exemplo, forem utilizados 318 g de minério calcosita, é possível calcular a massa de Cu e também de SO₂ pro-

duzidos, conhecendo-se as massas molares das substâncias envolvidas e as relações proporcionais, em mol, entre essas substâncias (no CA, questão 3).

Massa molar (O_2) = 32,0 g/mol

Massa molar (Cu_2S) = 159,0 g/mol

Massa molar (Cu) = 63,5 g/mol

Massa molar (SO_2) = 64,0 g/mol

A tabela a seguir pode ser construída na

	$Cu_2S(s)$	+	$O_2(g)$	→	2 Cu(l)	+	$SO_2(g)$
Proporção em mol	1 mol		1 mol		2 mol		1 mol
Utilizando 318 g de calcosita (2 mol de partículas)	2 mol		2 mol		4 mol		2 mol
Proporção em massa	318 g		64 g		254 g		128 g

Outra forma de interpretar uma equação química pode ser mediante o número de partículas de cada substância participante da transformação. Portanto, pode-se solicitar aos alunos que calculem o número de partículas de cada substância nas equações químicas que representam a produção de ferro e de cobre. Você pode reforçar a ideia de que

lousa com os estudantes, discutindo-se cada linha por meio de questionamentos como:

- ▶ Que quantidade de matéria, em mol, de partículas de Cu_2S está contida em 318 g de Cu_2S ?
- ▶ Qual é a quantidade de matéria, em mol, de cada uma das outras substâncias dessa transformação química envolvida no consumo de 2 mol de Cu_2S ?

Após o preenchimento, a tabela ficará semelhante a esta:

quantidades de matéria iguais representam o mesmo número de partículas, independente da substância tratada, mas não representam massas iguais dessas substâncias. Com isso, pode-se construir na lousa, com os alunos, quadros semelhantes aos apresentados a seguir, para auxiliá-los a compreender melhor essas relações.

	2 Fe ₂ O ₃ (s)	+	6 C(s)	+	3 O ₂ (g)	→	4 Fe(l)	+	6 CO ₂ (g)
Proporção em mol	2 mol		6 mol		3 mol		4 mol		6 mol
Proporção em partículas	12,0 × 10 ²³ partículas		36,0 × 10 ²³ partículas		18,0 × 10 ²³ partículas		24,0 × 10 ²³ partículas		36,0 × 10 ²³ partículas
Proporção em massa	320 g		72 g		96 g		224 g		264 g

	Cu ₂ S(s)	+	O ₂ (g)	→	2 Cu(l)	+	SO ₂ (g)
Proporção em mol	1 mol		1 mol		2 mol		1 mol
Proporção em partículas	6,0 × 10 ²³ partículas		6,0 × 10 ²³ partículas		12,0 × 10 ²³ partículas		6,0 × 10 ²³ partículas
Proporção em massa	159,0 g		32,0 g		127,0 g		64,0 g

A seguir apresentam-se algumas sugestões de questões e exercícios.

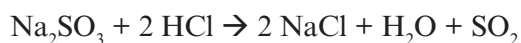
0,60 mol de Na₂SO₃ na reação? (No CA, esses exercícios constituem a Lição de Casa.)

1. A cal viva (CaO) é obtida pela decomposição do carbonato de cálcio segundo a equação:



Que massa de cal viva é obtida de 300 g de carbonato de cálcio?

2. O papel sulfite tem esse nome porque na sua clarificação emprega-se o sulfito de sódio (Na₂SO₃). Esse reage com o ácido clorídrico, havendo produção de SO₂. A equação que representa essa transformação é:



Qual é a quantidade de matéria em mol de SO₂ produzida quando são utilizados

3. A combustão completa do álcool etílico (C₂H₆O) produz CO₂ e água.

a) Escreva a equação balanceada dessa reação.

b) Qual é a quantidade de moléculas de H₂O formada pela combustão de 4 mol de álcool? Qual é a massa obtida?

c) Sabendo que a massa molar do CO₂ é 44g/mol, qual é a massa de CO₂ formada quando são utilizadas 12,0 × 10²³ moléculas de álcool?

4. Conhecendo a reação de produção do ferro, qual seria a massa de ferro obtida quando 100 kg de óxido de ferro III são adicionados no alto-forno para interagir com os

outros reagentes existentes nas quantidades necessárias?

Sugere-se que, ao se perceber dificuldades dos alunos na realização dos cálculos ou sentir necessidade de reforçar esse conteúdo, sejam propostos mais exercícios sobre cálculo estequiométrico, que podem ser encontrados em livros didáticos.

Grade de avaliação da Situação de Aprendizagem 2

Algumas competências e habilidades que se propõem desenvolver nesta Situação de Aprendizagem – entre as quais se destacam estabelecer relações proporcionais entre as quantidades de matéria, massa e número de partículas de reagentes e de produtos e fazer previsões sobre essas quantidades envolvidas em transformações químicas – são fundamen-

tais ao prosseguimento dos estudos. Deve-se estar atento ao desenvolvimento dessas competências e habilidades ao longo das atividades desta Situação.

A Atividade 1 apresenta aos estudantes um problema que tem o objetivo de desencadear a discussão dos conceitos científicos referentes às competências citadas e enfatizar a importância desses conteúdos no sistema produtivo. Como se trata de uma discussão inicial, não se deve esperar que todos respondam corretamente o problema proposto, pois esses conhecimentos ainda estão em desenvolvimento.

Na Atividade 2, para calcular a massa de carvão necessária para produzir 1,0 t de ferro, pode-se utilizar a proporção em mol, calcular a proporção em massa entre as duas substâncias e, então, calcular a massa de carvão necessária para sua produção.

	$2 \text{ Fe}_2\text{O}_3(s)$	+	$3 \text{ O}_2(g)$	+	$6 \text{ C}(s)$	→	$4 \text{ Fe}(l)$	+	$6 \text{ CO}_2(g)$
	<i>óxido de ferro III</i>		<i>oxigênio</i>		<i>carvão</i>		<i>ferro</i>		<i>dióxido de carbono</i>
<i>Proporção em mol</i>					<i>6 mol</i>		<i>4 mol</i>		
<i>Proporção em massa</i>					$6 \text{ mol} \times 12\text{g/mol} = 72 \text{ g}$		$4 \text{ mol} \times 56\text{g/mol} = 224 \text{ g}$		
					<i>X</i>		<i>1,0 t</i>		

$$\frac{\text{massa de C}}{\text{massa de Fe}} \rightarrow \frac{72 \text{ g}}{224 \text{ g}} = \frac{X}{1,0 \text{ t}}$$

$$X = 0,32 \text{ t}$$

Portanto, é necessária 0,32 t de carvão para produzir 1,0 t de ferro.

Com relação ao desafio proposto, sobre a massa de carvão e de minério utilizados em

um dia de funcionamento da siderúrgica, os valores são $1,93 \times 10^4$ t de minério, $4,34 \times 10^3$ t de carvão (massa teórica) e $9,63 \times 10^3$ t de carvão (massa real), como mostra o quadro a seguir.

	$2 \text{Fe}_2\text{O}_3(s)$	+	$6 \text{C}(s)$	+	$3 \text{O}_2(g)$	\rightarrow	$4 \text{Fe}(s)$	+	$6 \text{CO}_2(g)$
	<i>óxido de ferro III</i>		<i>carvão</i>		<i>oxigênio</i>		<i>ferro</i>		<i>dióxido de carbono</i>
<i>Proporção em mol</i>	<i>2 mol</i>		<i>6 mol</i>				<i>4 mol</i>		
<i>Proporção em massa</i>	$2 \text{ mol} \times 160 \text{ g/mol} = 320 \text{ g}$		$6 \text{ mol} \times 12 \text{ g/mol} = 72 \text{ g}$				$4 \text{ mol} \times 56 \text{ g/mol} = 224 \text{ g}$		
	$1,93 \times 10^4 \text{ t}$		$4,34 \times 10^3 \text{ t}$ <i>(teórica)</i> $9,63 \times 10^3 \text{ t}$ <i>(real)</i>				$1,35 \times 10^4 \text{ t}$		

A questão 1 fornece e solicita valores em massa; assim, pode-se calcular a proporção

em massa entre o CaCO_3 e o CaO , obtendo-se um valor de 168 g de CaO .

$\text{CaCO}_3(s)$	\rightarrow	$\text{CaO}(s)$	+	$\text{CO}_2(g)$
<i>1 mol</i>		<i>1 mol</i>		<i>1 mol</i>
<i>100 g</i>		<i>56 g</i>		
<i>300 g</i>		$56 \times 3 = 168 \text{ g}$		

Na questão 2, a proporção em mol de Na_2SO_3 e SO_2 é de 1:1; assim, quando são consumidos 0,60 mol de Na_2SO_3 , são produzidos 0,60 mol de SO_2 , o que equivale a $3,6 \times 10^{23}$ moléculas.

A questão 3 retoma a reação de combustão.

Resposta: a) $\text{C}_2\text{H}_6\text{O} + 3 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{CO}_2 + 3 \text{H}_2\text{O}$

Resposta: b) *A proporção entre álcool etílico*

($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$) e água é de 1 mol : 3 mol; portanto, na combustão de 4 mol de álcool são formados 12 mol de água. A massa de água formada é 216 g ($12 \text{ mol} \times 18 \text{ g/mol}$).

Resposta: c) Uma das maneiras de resolver esse exercício é calcular a quantidade de matéria que contém $12,0 \times 10^{23}$ moléculas de álcool. Pela proporção estequiométrica, calcula-se a massa de CO_2 .

$C_2H_6O(g)$ álcool etílico	$2 CO_2$ dióxido de carbono
$1 mol = 6 \times 10^{23}$ moléculas	2 mol
12×10^{23} moléculas – 2 mol	4 mol
$2 mol \times 46 g/mol = 92 g$	$4 mol \times 44 g/mol = 176 g$

A questão 4 pode ser respondida observando-se a proporção em massa entre o óxido

de ferro III e o ferro, como mostra a tabela a seguir:

	$2 Fe_2O_3(s)$	+	$6 C(s)$	+	$3 O_2(g)$	→	$4 Fe(l)$	+	$6 CO_2(g)$
	óxido de ferro III		carvão		oxigênio		ferro		dióxido de carbono
Proporção em mol	2 mol						4 mol		
Proporção em massa	$2 mol \times 160 g/mol = 320 g$						$4 mol \times 56 g/mol = 224 g$		
	100 kg						X		

$$\frac{\text{massa de Fe}}{\text{massa de } Fe_2O_3} \rightarrow \frac{224 g}{320 g} \rightarrow \frac{X}{100 kg} \rightarrow X = 70,0 \text{ kg de Fe}$$

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 3

ENERGIA LIBERADA OU ABSORVIDA NAS TRANSFORMAÇÕES QUÍMICAS

Nesta Situação de Aprendizagem, serão estudadas as previsões quantitativas da energia absorvida ou liberada nas transforma-

ções químicas, levando em consideração os valores de massa e mol dos reagentes participantes.

Tempo previsto: 2 aulas.

Conteúdos: previsões quantitativas da energia envolvida nas transformações químicas.

Competências e habilidades: interpretar unidades de medida e equações químicas; relacionar grandezas como quantidade de matéria, massa e energia, utilizando o raciocínio proporcional.

Estratégias de ensino: demonstração ou relato de experimento e discussão em grupo.

Recursos: materiais descritos no experimento.

Avaliação: respostas às questões e exercícios propostos ao longo da atividade.

Como visto no volume anterior, a energia envolvida em uma transformação química é proporcional à quantidade de reagentes que participam da reação. Para facilitar o entendimento e a previsão da energia liberada ou absorvida em uma transformação química, pode-se demonstrar ou relatar um experimento e realizar o cálculo da energia envolvida.

Sugere-se a realização de uma transformação exotérmica e, pela medida da elevação da temperatura do sistema, é possível estimar o valor da energia liberada nessa reação.

Caso a experiência seja realizada de forma demonstrativa ou relatada, anote na lousa os dados do experimento. A seguir, o roteiro do experimento:

Reação entre alumínio e solução de hidróxido de sódio

Denilse Morais Zambom, Fabio Luiz de Souza e
Luciane Hiromi Akahoshi

Materiais e reagentes

- ▶ 1 tubo de ensaio (20 mm × 150 mm);
- ▶ hidróxido de sódio (4 mol/L);
- ▶ 1 pedaço de papel-alumínio (2,0 cm × 15,0 cm);
- ▶ 1 termômetro (−10 °C a 110 °C);
- ▶ 1 proveta de 10 mL;
- ▶ 1 balança;
- ▶ 1 bastão de vidro.

Procedimento

1. Recorte um retângulo de papel-alumínio (2,0 cm × 15,0 cm), que equivale a 0,09 g, e corte-o em pedaços pequenos.
2. Pese o tubo de ensaio e anote sua massa.
3. Adicione 10,0 mL de solução de hidróxido de sódio ao tubo de ensaio e meça a temperatura inicial com o termômetro.
4. Coloque os pedaços de papel-alumínio no tubo de ensaio contendo a solução de hidróxido de sódio e agite cuidadosamente com a ajuda do bastão de vidro.
5. Quando perceber que não há mais reação entre papel-alumínio e a solução de hidróxido de sódio, introduza o termômetro no tubo de ensaio e meça a temperatura do líquido resultante.
6. Anote a maior temperatura atingida e outras observações.

Cuidados

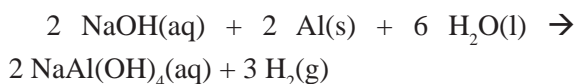
Evite contato da soda cáustica ou solução de hidróxido de sódio com a pele e os olhos, pois pode provocar queimaduras. É aconselhável o uso de óculos de segurança e luvas.

Não realize essa atividade perto de fogo, pois o gás hidrogênio formado é explosivo e inflamável.

Elaborado especialmente para o *São Paulo faz escola*.

Você pode informar (no caso de relato) quais são as evidências perceptíveis dessa transformação química. Além do aquecimento, observa-se a liberação de gás. Nessa transformação, ocorre a formação de aluminato de

sódio e hidrogênio, representada pela equação a seguir.



Observação: quando se utiliza papel-alumínio, pode ocorrer a formação de um sólido escuro, que é o óxido de ferro formado nessa transformação química. Geralmente, o ferro é adicionado ao papel-alumínio para lhe dar maior resistência.

Os dados a seguir ajudarão no relato do experimento:

O valor de 0,09 g de alumínio foi obtido experimentalmente e representa a média das massas de amostras de sete diferentes marcas de papel-alumínio com as dimensões sugeridas no roteiro experimental (2,0 cm × 15,0 cm).

Massa do tubo de ensaio: 20,00 g
Massa do papel-alumínio: 0,09 g
Massa da solução de hidróxido de sódio: 12 g
($d = 1,2 \text{ g/mL}$, $25 \text{ }^\circ\text{C}$)
Variação da temperatura observada: $20 \text{ }^\circ\text{C}$
($T_{\text{inicial}} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$; $T_{\text{final}} = 45 \text{ }^\circ\text{C}$)

Como a temperatura aumentou, sugere-se perguntar se a transformação é endotérmica ou exotérmica (no CA, exercício 1 das Questões para Análise do Experimento). Com os dados anteriores, é possível calcular a energia liberada na reação, desprezando as perdas para o ambiente. A energia térmica liberada na reação aqueceu o líquido e o tubo de ensaio (vidro) e, somando-se essas energias, pode-se estimar a energia liberada (os cálculos a seguir são sugestões de encaminhamento para a resolução das questões 3 a 7 no CA).

Cálculo da energia liberada para o líquido

Para iniciar a resolução do problema, é necessário calcular a massa de 10,0 mL da solução de hidróxido de sódio (NaOH) 4 mol/L ($d = 1,2 \text{ g/mL}$ a $25 \text{ }^\circ\text{C}$):

$$m = V \times d = 12 \text{ g}$$

Admitir que 1 g da solução de hidróxido de sódio necessita de 1 cal para elevar sua temperatura em $1 \text{ }^\circ\text{C}$:

1 g solução de NaOH $\xrightarrow{\text{necessita}}$ 1,0 cal
 $\xrightarrow{\text{para a temperatura subir}}$ $1 \text{ }^\circ\text{C}$

Como a temperatura aumentou $20 \text{ }^\circ\text{C}$, pode-se calcular, primeiro, a energia necessária para que a temperatura aumente em $20 \text{ }^\circ\text{C}$, considerando-se a massa de 1 g de solução:

1 $^\circ\text{C}$ — 1 cal
20 $^\circ\text{C}$ — X

$$X = 20 \text{ cal/1 g de solução}$$

Depois disso, calcula-se a energia necessária para que a temperatura de toda a quantidade empregada no experimento (12 g da solução) aumente em $20 \text{ }^\circ\text{C}$:

1 g — 20 cal
12 g — Y

$$Y = 240 \text{ cal}$$

Cálculo da energia liberada para o tubo de ensaio

Sabe-se que 1 g de vidro necessita de 0,2 cal para elevar sua temperatura em 1 °C. Como o vidro e o líquido entram em equilíbrio térmico, o aumento de temperatura do vidro é o mesmo do líquido (20 °C).

$$1 \text{ g de vidro} \xrightarrow{\text{necessita}} 0,2 \text{ cal}$$

$$\xrightarrow{\text{para a temperatura subir}} 1 \text{ °C}$$

Portanto, a energia para aquecer a massa de 1 g de vidro é:

$$1 \text{ °C} \text{ — } 0,2 \text{ cal}$$

$$20 \text{ °C} \text{ — } X$$

$$X = 4 \text{ cal/1 g de vidro}$$

A energia absorvida por 20 g de vidro:

$$1 \text{ g} \text{ — } 4 \text{ cal}$$

$$20 \text{ g} \text{ — } Y$$

$$Y = 80 \text{ cal}$$

Portanto, a energia liberada pela reação de 0,09 g de alumínio com 12 g de solução de hidróxido de sódio é de 320 cal (240 + 80), desprezando as perdas para o ambiente.

Cálculo da energia liberada por mol de alumínio

Pela equação da reação entre alumínio e hidróxido de sódio, pode-se calcular a energia liberada por mol de alumínio utilizado:

$$0,09 \text{ g} \text{ — } 320 \text{ cal}$$

$$27 \text{ g (1mol)} \text{ — } X \text{ cal}$$

$$X = \frac{27 \times 320}{0,09} = 96000 \text{ cal/mol ou } 96 \text{ kcal/mol}$$

Algumas questões podem ser propostas aos estudantes (no CA, constituem a Lição de Casa):

1. Qual é a energia liberada nessa reação se forem utilizados 4 mol de átomos de alumínio e quantidade de NaOH(aq) suficiente para que todo o alumínio reaja?
2. Que massa de alumínio deveria ser utilizada para produzir 32 kcal?
3. A soda cáustica (hidróxido de sódio) pode ser guardada em recipiente de alumínio? Explique.

Grade de avaliação da Situação de Aprendizagem 3

Nesta Situação de Aprendizagem, espera-se que os estudantes possam ampliar as relações proporcionais envolvidas nas transformações químicas e desenvolvidas nas Situações de Aprendizagem anteriores introduzindo a grandeza energia.

O experimento proposto nesta Situação de Aprendizagem tem o objetivo de possibilitar a vivência de um fenômeno químico que envolve a liberação de energia térmica (fenômeno exotérmico discutido no Volume 1, Situação

de Aprendizagem 3), ampliando os seus conhecimentos sobre esses processos, que foram estudados de forma qualitativa.

A relação de proporcionalidade entre energia envolvida e massas de reagentes e produtos deve ser enfatizada, como foi feito com as questões levantadas anteriormente.

Na questão 1, a energia liberada por 4 mol de alumínio na reação do experimento é de 384 kcal. Na questão 2, a massa utilizada para produzir 32 kcal é de 9 g, um número três vezes

menor do que a massa de um mol de alumínio. Como é possível perceber, a energia também é três vezes menor do que o valor para a reação de 1 mol de alumínio, evidenciando a proporcionalidade entre massa e energia numa transformação química.

Na resposta à questão 3, espera-se que os alunos considerem que a soda cáustica ou hidróxido de sódio não deve ser guardada em recipiente de alumínio, pois o recipiente sofrerá corrosão, liberando grande quantidade de gás hidrogênio, que é um material explosivo e inflamável.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 4

IMPACTOS SOCIAIS E AMBIENTAIS DECORRENTES DA EXTRAÇÃO DE MATÉRIAS-PRIMAS E DA PRODUÇÃO DE FERRO, COBRE E OUTROS METAIS

Esta Situação de Aprendizagem tem o objetivo de permitir aos alunos perceber que, ao lado dos processos químicos envolvidos na exploração dos minérios para obtenção de metais, há outros aspectos a ser estudados, pois é dese-

jável que eles se posicionem sobre esse assunto nos âmbitos social e ambiental. Pode-se iniciar uma discussão apresentando os impactos socioambientais decorrentes da extração e produção de ferro e cobre, tema deste volume.

Tempo previsto: 3 aulas.

Conteúdos: impactos sociais e ambientais relacionados à mineração e produção de ferro e de cobre.

Competências e habilidades: analisar e julgar a importância dos metais para a sociedade apresentando posicionamentos sobre um modo sustentável de exploração desses materiais na sociedade contemporânea.

Estratégias de ensino: exposição dialogada e seminário.

Recursos: material para apresentação dos seminários.

Avaliação: envolvimento e participação na pesquisa e apresentação dos seminários.

Atividade 1 – Impactos socioambientais da produção de ferro e cobre

Para introduzir as questões sobre os impactos socioambientais, sugere-se construir, com os alunos, esquemas semelhantes aos apresentados nas Figuras 1 e 2, que procuram sintetizar as principais informações relacionadas à exploração dos minérios de ferro e de cobre. A fim de subsidiar essa construção, apresenta-se também um texto com diversas informações

relativas ao tema (no CA, Leitura e Análise de Texto). Propõe-se que o texto não seja lido durante a aula, mas que o auxilie na sua elaboração.

No Caderno do Volume 3 foi realizada uma discussão a respeito da produção de ferro processada em alto-forno a partir do minério hematita e da produção do cobre proveniente da calcopirita. Agora, no Volume 4, é sugerida uma discussão problematizadora mais sistêmica sobre a exploração dos metais ferro e cobre.

Ferro e cobre: impactos socioambientais

Denilse Morais Zambom, Fabio Luiz de Souza e
Luciane Hiromi Akahoshi

Os metais e ligas metálicas são essenciais para a agricultura, geração de energia, medicina, transportes e inúmeras outras atividades atualmente indispensáveis. A Organização das Nações Unidas (ONU) estima que, até o ano 2050, a população mundial crescerá em 3 bilhões de pessoas, o que implicará aumento no consumo de metais, principalmente nos países desenvolvidos.

Em relação ao cobre, por exemplo, a combinação de suas propriedades (maleabilidade, ductibilidade, temperatura de fusão e condutividade elétrica e térmica) determina sua ampla aplicação em ligas, fios, utensílios de cozinha, tubulações industriais e domésticas e componentes eletroeletrônicos, sendo essa última aplicação responsável por 65% de seu consumo no mundo. A necessidade mundial de cobre, que hoje é algo próximo de 15×10^6 t/ano,

sendo 1/3 dela suprida pela reciclagem do próprio metal, deverá duplicar até 2050.

Para obtenção dos metais ferro e cobre é necessário que seus minérios sejam extraídos do meio em que se encontram, ou seja, das jazidas minerais (lavras ou minas), que possam fornecê-los em larga escala. Nas minas, o minério é extraído com auxílio de explosivos, máquinas escavadoras e caminhões de grande porte, que retiram enormes quantidades do material provocando emissão de muita poeira, gases e ruídos. A mineração a céu aberto altera paisagens inteiras, podendo destruir a cobertura vegetal e alterar relevos. Os detritos provenientes dessa extração podem provocar o assoreamento dos rios, alterando as características físicas e químicas dos cursos d'água.

Em relação ao carvão utilizado na produção do ferro, o desastre ambiental pode ser ainda maior, com a possibilidade de devastação de florestas, caso seja empregado o carvão vegetal em vez do mineral. Nas minas de carvão mineral,

existe o perigo de explosões provocadas por material particulado (pó de carvão, principalmente), que é formado naturalmente na extração do carvão; essas explosões podem ocasionar inúmeros casos de acidentes fatais.

Outro aspecto problemático é a produção de resíduos ácidos nas áreas mineradoras, especialmente nas que exploram minerais compostos por sulfetos, como a calcopirita. Esses resíduos de mineração, em contato com a água, formam uma solução ácida que precisa ser drenada para fora das minas, processo definido como DAM (drenagem ácida de minas), formando grandes lagoas ácidas. Essas lagoas são consideradas um dos problemas ambientais mais graves associados à mineração, pois essa solução acidificada dissolve e arrasta alguns minerais presentes no solo (processo de lixiviação). O produto da lixiviação, ao entrar em contato com as águas subterrâneas, pode provocar contaminação de rios e solos.

O processo de mineração pode acarretar diversos problemas de saúde, como as pneumoconioses, doenças pulmonares que os mineradores desenvolvem devido ao contato prolongado com o acúmulo de poeira. Entre as pneumoconioses, destaca-se a silicose, moléstia irreversível causada pela inalação da poeira de sílica (partículas cristalinas do dióxido de silício), que danifica os tecidos pulmonares, podendo levar à insuficiência respiratória. Essa forma de pneumoconiose é mais recorrente na extração de carvão e minério de ferro. A Organização Mundial da Saúde (OMS) estima que, no Bra-

sil, exista pelo menos meio milhão de pessoas com esse problema.

Na etapa pós-mineração, destacam-se os impactos ambientais provenientes da produção de gases. O dióxido de enxofre (SO_2), produzido em larga escala na ustulação dos minérios de cobre, é aproveitado como matéria-prima para produção de ácido sulfúrico. Entretanto, quando mal acondicionado, esse gás pode ser liberado para a atmosfera e, em contato com a água da chuva, provocar a formação de chuvas ácidas. Essas, ao longo de poucos anos, podem destruir florestas e a vida em ambientes aquáticos. Já na produção do ferro, a emissão de grandes quantidades de CO_2 contribui para o aumento do efeito estufa e também da chuva ácida.

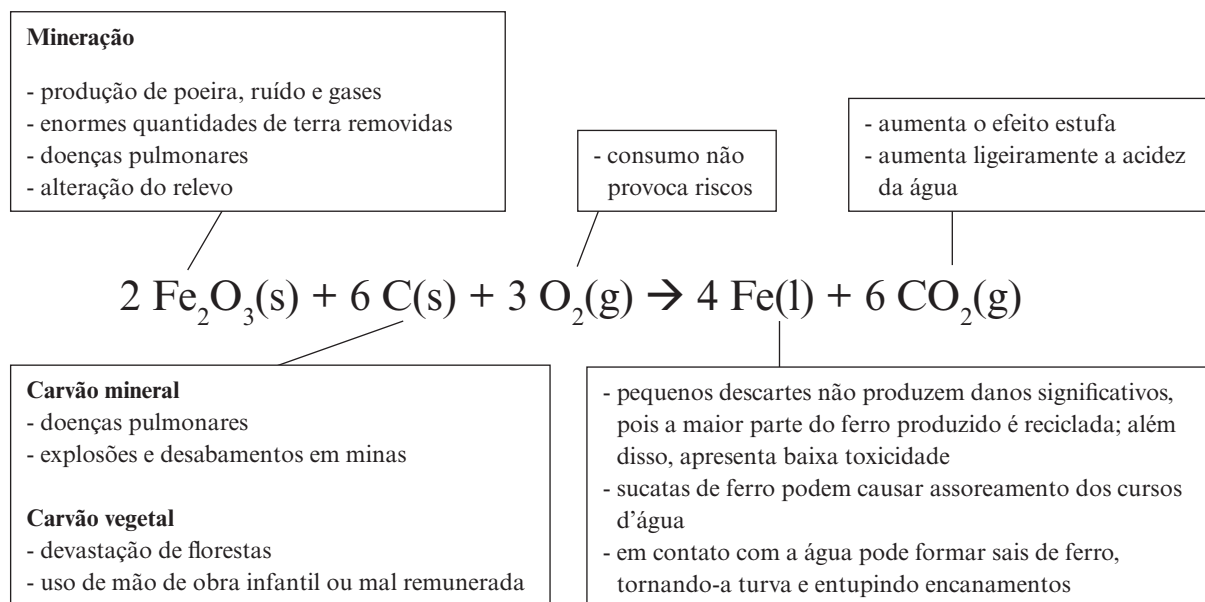
Os impactos ambientais causados pela produção de ferro e de cobre só não são maiores em virtude da reciclagem de parte desses metais. No caso do cobre, por exemplo, os países desenvolvidos chegam a reciclar cerca de 40% de todo o material produzido.

Os impactos sociais e ambientais da exploração dos metais ferro e cobre são os mais diversos possíveis; contudo, é importante salientar que todos os problemas que envolvem sua produção, desde a obtenção dos minérios até o descarte, podem ser minimizados, caso autoridades competentes, indústrias mineradoras e população em geral adotem meios de exploração sustentável, gestão responsável no setor e padrões de consumo mais conscientes.

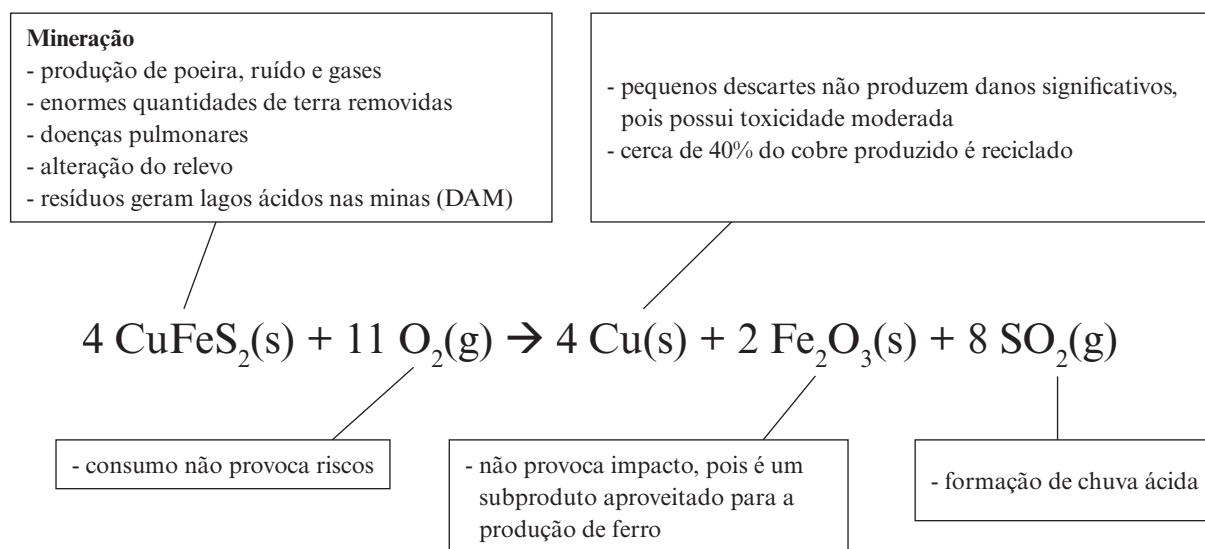
Elaborado especialmente para o *São Paulo faz escola*.

Para sistematizar a discussão, pode-se escrever na lousa a seguinte equação química e discutir os possíveis impactos de cada uma das

substâncias envolvidas, apresentando como síntese os dois esquemas abaixo (no CA, Questões para Análise do Texto).



Esquema 1. Aspectos relacionados à mineração e produção do metal ferro.



Esquema 2. Aspectos relacionados à mineração e produção do metal cobre.

Atividade interdisciplinar

Pode-se discutir o impacto ambiental causado pela exploração do ferro em Itabira (MG), cidade do poeta Carlos Drummond de Andrade. Em 1979, Drummond publicou o poema “A montanha pulverizada”, que faz referência

à destruição do Pico do Cauê. Sugere-se que esta atividade seja trabalhada com o professor de Língua Portuguesa. Ao longo de quase meio século, a base do pico sofreu sucessivas escavações para a exploração do minério de ferro, gerando sérias alterações no relevo, conforme as fotos apresentadas após o poema.

A montanha pulverizada

Carlos Drummond de Andrade

Chego à sacada e vejo a minha serra,
a serra de meu pai e meu avô,
de todos os Andrades que passaram
e passarão, a serra que não passa.

Era coisa dos índios e a tomamos
para enfeitar e presidir a vida
neste vale soturno onde a riqueza
maior é sua vista e contemplá-la.

De longe nos revela o perfil grave.
A cada volta de caminho aponta

uma forma de ser, em ferro, eterna,
e sopra eternidade na fluência.

Esta manhã acordo e
não a encontro.
Britada em bilhões de lascas
deslizando em correia transportadora
entupindo 150 vagões
no trem-monstro de 5 locomotivas
– o trem maior do mundo, tomem nota –
foge minha serra, vai
deixando no meu corpo e na paisagem
mísero pó de ferro, e este não passa.

Carlos Drummond de Andrade © Graña Drummond.
www.carlosdrummond.com.br. ANDRADE, Carlos
Drummond de. *Boitempo*: esquecer para lembrar.
7. ed. Rio de Janeiro: Record, 2006, p. 68.

© Douglas Lynch/Tyba



Exploração de ferro em Itabira (MG).



Pico do Cauê nos primeiros anos de extração do minério em Presidente Vargas, atual Itabira, 1942-45.

© J. Merjane / Arquivo CVRD - Jornal da Vale

Atividade 2 – Impactos socioambientais da produção de outros metais

Foi proposto, no início do Caderno, que os estudantes pesquisassem informações sobre os aspectos científico-tecnológicos, econômicos e socioambientais do processo de mineração e produção de diversos metais para ampliar o estudo desse tema. Algumas orientações referentes aos temas, tópicos de pesquisa e critérios de avaliação para a realização dos seminários foram sugeridas no início da Situação de Aprendizagem 1 e podem servir, neste momento, para avaliar as apresentações que eles devem fazer. Portanto, pode-se organizar uma ordem de apresentação desses trabalhos, conforme a disponibilidade de tempo que possuir.

Grade de avaliação da Situação de Aprendizagem 4

Nesta Situação de Aprendizagem, é fundamental que os alunos possam pesquisar e debater aspectos positivos e negativos relacionados à produção dos metais, desde a extração de minérios até a obtenção e descarte dos metais. É importante que mobilizem conhecimentos técnicos, científicos, sociais, ambientais e econômicos da produção dos metais a fim de criarem uma visão holística sobre essa temática. Desse modo, espera-se que possam julgar, se posicionar e argumentar de forma crítica e consistente perante as questões que envolvem a produção e o consumo dos metais pelas sociedades contemporâneas.

PROPOSTA DE SITUAÇÃO DE RECUPERAÇÃO

Nesta Situação de Recuperação, priorizam-se os conteúdos essenciais que devem ser aprendidos, para que os estudantes deem prosseguimento aos seus estudos nas séries seguintes: mol, massa molar, cálculos estequiométricos simples e

noções sobre aspectos diversos referentes à produção de metais. Para retomar esses conteúdos, propõem-se algumas questões que podem ser respondidas individualmente na sala de aula, com o seu auxílio, ou em casa.

1. Pesquise e complete o quadro a seguir:

Metais	Exemplo de minério utilizado/fórmula	Problemas socioambientais relacionados à extração e produção
Alumínio		
Chumbo		
Ferro	hematita/ Fe_2O_3	Alteração do relevo; devastação de florestas; consumo de carvão (efeito estufa); doenças pulmonares.
Zinco		

2. Diariamente, um indivíduo normal elimina pela urina cerca de 0,56 g de ácido úrico ($C_5H_4N_4O_3$). Sabendo-se as massas molares em g/mol (C = 12; H = 1; N = 14; O = 16), calcule:

a) A massa molar do ácido úrico.

A massa molar do ácido úrico é 168 g/mol.

b) A quantidade de matéria, em mol, contida em 0,56 g de ácido úrico.

$$\frac{\text{quantidade de matéria}}{\text{massa}} \rightarrow \frac{1 \text{ mol}}{168 \text{ g}} = \frac{X}{0,56 \text{ g}}$$

$$X \cong 3,3 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

A quantidade de matéria, em mol, contida em 0,56 g de ácido úrico é $3,3 \times 10^{-3}$ mol.

c) O número de moléculas de ácido úrico contido em 0,56 g dessa substância.

$$\frac{\text{número de moléculas}}{\text{massa}} \rightarrow \frac{6,0 \times 10^{23} \text{ moléculas}}{168 \text{ g}} =$$

$$\frac{X}{0,56 \text{ g}} \quad X = 2,0 \times 10^{21} \text{ moléculas}$$

Outra resolução possível é:

$$\frac{\text{número de moléculas}}{\text{quantidade de matéria}} \rightarrow \frac{6,0 \times 10^{23} \text{ moléculas}}{1 \text{ mol}} =$$

2 NaCl(l)	$\xrightarrow{\text{energia elétrica}}$	2 Na(l)	+	Cl ₂ (g)
— g		46 g		— g
4 mol		— mol		— mol
$1,2 \times 10^{23}$ partículas		— partículas		— partículas

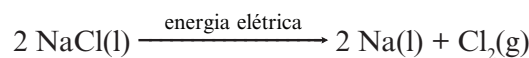
Os valores a ser completados na tabela deverão ser: 117 g de NaCl; 71 g de Cl₂; 4 mol de Na; 2 mol de Cl₂; $1,2 \times 10^{23}$ partículas de Na; e $0,60 \times 10^{23}$ ou $6,0 \times 10^{22}$ partículas de Cl₂.

$$\frac{X}{3,3 \times 10^{-3} \text{ mol}}$$

$$X = 2,0 \times 10^{21} \text{ moléculas}$$

Como em 0,56 g de ácido úrico há $3,3 \times 10^{-3}$ mol, nessa quantidade de matéria existem $2,0 \times 10^{21}$ moléculas.

3. Considere a seguinte equação química, representativa da transformação química envolvida na produção do metal sódio:



a) Calcule as massas molares das três substâncias presentes nessa transformação química.

58,5 g/mol de NaCl, 23 g/mol de Na e 71 g/mol de Cl₂.

b) Com base nos coeficientes estequiométricos dessa equação química, que quantidade de matéria, em mol, de Na e Cl pode ser produzida partindo-se de 2 mol de NaCl? E se fossem usados 10 mol de NaCl?

Partindo-se de 2 mol de NaCl, têm-se 2 mol de Na e 1 mol de Cl₂. Partindo-se de 10 mol de NaCl, têm-se 10 mol de Na e 5 mol de Cl₂.

c) Complete a tabela:

QUESTÕES PARA AVALIAÇÃO*

1. Segundo dados da Cetesb sobre a qualidade do ar, deve ser decretado estado de alerta quando é atingida a concentração de $3,4 \times 10^{-2}$ g de monóxido de carbono (CO) por metro cúbico de ar; nessa situação, fica impedida a circulação de veículos na área atingida, no período das 6 às 21 horas. Ao se decretar o estado de alerta, a quantidade de matéria, em mol, de CO por metro cúbico de ar é:

Dado: massas molares em g/mol: C = 12; O = 16

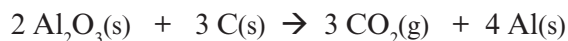
- a) 28
 b) 1,0
 c) $1,2 \times 10^{-3}$
 d) $7,2 \times 10^{20}$
 e) $6,02 \times 10^{23}$

$$\frac{\text{quantidade de matéria}}{\text{massa}} \rightarrow \frac{1 \text{ mol}}{28 \text{ g}} =$$

$$\frac{X}{3,4 \times 10^{-2} \text{ g}} \quad X = 1,2 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

Como a massa molar de CO é de 28 g/mol, a quantidade de matéria, em mol, de $3,4 \times 10^{-2}$ g de monóxido de carbono será de $1,2 \times 10^{-3}$ mol.

2. O alumínio é obtido da alumina (Al_2O_3), extraída do minério bauxita, pela reação com carbono, segundo a equação:



- a) Determine qual é a quantidade de matéria (mol) de CO_2 produzida a partir de 408 g de Al_2O_3 .

$$\frac{\text{quantidade de matéria de } \text{Al}_2\text{O}_3}{\text{massa de } \text{Al}_2\text{O}_3} \rightarrow 1$$

$$\frac{1 \text{ mol}}{102 \text{ g}} = \frac{X}{408 \text{ g}}$$

$$X = 4 \text{ mol}$$

$$\frac{\text{quantidade de matéria de } \text{CO}_2}{\text{quantidade de matéria de } \text{Al}_2\text{O}_3} \rightarrow 2$$

$$\frac{3 \text{ mol}}{2 \text{ mol}} = \frac{X}{4 \text{ mol}}$$

$$X = 6 \text{ mol}$$

$2 \text{Al}_2\text{O}_3(\text{s})$	+	$3 \text{C}(\text{s})$	\rightarrow	$3 \text{CO}_2(\text{g})$	+	$4 \text{Al}(\text{s})$
2 mol				3 mol		
$2 \times 102 \text{ g/mol} = 204 \text{ g}$				3 mol		
408 g				6 mol		

* No CA, essas questões compõem a seção Você Aprendeu?.

b) Qual é a massa de Al obtida na reação de 816 g de Al_2O_3 com carbono?

Dado: massas molares em g/mol: Al = 27; O = 16; C = 12

Pela equação temos:

$$\text{Massa de } Al_2O_3 = 2 \text{ mol} \times 102 \text{ g/mol} = 204$$

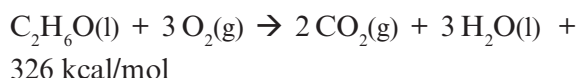
$2 Al_2O_3(s)$	+	$3 C(s)$	→	$3 CO_2(g)$	+	$4 Al(s)$
2 mol						4 mol
204 g						108 g
816 g						432 g

$$\text{Massa de Al} = 4 \text{ mol} \times 27 \text{ g/mol} = 108 \text{ g}$$

$$\frac{\text{massa de Al}}{\text{massa de } Al_2O_3} \rightarrow \frac{108 \text{ g}}{204 \text{ g}} = \frac{X}{816 \text{ g}}$$

$$X = 432 \text{ g}$$

3. A combustão do etanol (álcool combustível) libera 326 kcal/mol de etanol, como mostra a equação química:



A energia liberada na queima de 552 g desse combustível é aproximadamente igual a:

Dado: massa molar do etanol = 46 g/mol

a) $3,2 \times 10^2$ kcal

b) 1,7 kcal

c) $6,0 \times 10^{23}$ kcal

d) $2,0 \times 10^3$ kcal

e) $3,9 \times 10^3$ kcal

$$\frac{\text{quantidade de energia}}{\text{massa de etanol}} \rightarrow \frac{326 \text{ kcal}}{46 \text{ g}} = \frac{X}{552 \text{ g}}$$

$$X = 3912 \text{ kcal ou } 3,9 \times 10^3 \text{ kcal}$$

Pela equação química percebe-se que 1 mol de etanol (46 g) está envolvido na liberação de 326 kcal de energia; então, 552 g de etanol estão envolvidos na liberação de $3,0 \times 10^3$ kcal.

4. (Fuvest – 1994) O Brasil produz, por ano, aproximadamente, $5,0 \times 10^6$ toneladas de ácido sulfúrico, $1,2 \times 10^6$ toneladas de amônia e $1,0 \times 10^6$ toneladas de soda cáustica. Transformando-se toneladas em mols, a ordem decrescente de produção dessas substâncias será:

Dado: massas molares em g/mol:

$$H_2SO_4 = 98, NaOH = 40 \text{ e } NH_3 = 17$$

a) $H_2SO_4 > NH_3 > NaOH$

b) $H_2SO_4 > NaOH > NH_3$



Lembrando que $1 \text{ t} = 10^6 \text{ g}$, pode-se calcular as quantidades de matéria de cada substância:

Ácido sulfúrico:

$$\frac{98 \text{ g}}{1 \text{ mol}} = \frac{5,0 \times 10^6 \times 10^6 \text{ g}}{X} \Rightarrow$$

$$X = \frac{5,0 \times 10^6 \times 10^6 \text{ g} \times 1 \text{ mol}}{98 \text{ g}} \cong 5,0 \times 10^{10} \text{ mol}$$

Amônia:

$$\frac{17 \text{ g}}{1 \text{ mol}} = \frac{1,2 \times 10^6 \times 10^6 \text{ g}}{Y} \Rightarrow$$

$$Y = \frac{1,2 \times 10^6 \times 10^6 \text{ g} \times 1 \text{ mol}}{17 \text{ g}} \cong 7,1 \times 10^{10} \text{ mol}$$

Soda cáustica:

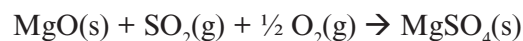
$$\frac{40 \text{ g}}{1 \text{ mol}} = \frac{1,0 \times 10^6 \times 10^6 \text{ g}}{Z} \Rightarrow$$

$$Z = \frac{1,0 \times 10^6 \times 10^6 \text{ g} \times 1 \text{ mol}}{40 \text{ g}} = 2,5 \times 10^{10} \text{ mol}$$

Portanto, a ordem decrescente em quantidade de matéria é $\text{NH}_3 > \text{H}_2\text{SO}_4 > \text{NaOH}$.

5. (Fuvest – 1994) Uma das maneiras de impedir que o SO_2 , um dos responsáveis pela

“chuva ácida”, seja liberado para a atmosfera é tratá-lo previamente com óxido de magnésio, em presença de ar, como equacionado a seguir:



Quantas toneladas de óxido de magnésio são consumidas no tratamento de $9,6 \times 10^3$ toneladas de SO_2 ?

Dado: massas molares em g/mol:

$\text{MgO} = 40$ e $\text{SO}_2 = 64$

a) $1,5 \times 10^2$

b) $3,0 \times 10^2$

c) $1,0 \times 10^3$

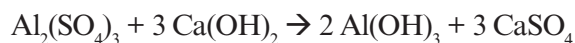
d) $6,0 \times 10^3$

e) $2,5 \times 10^4$

$$\frac{\text{massa de MgO}}{\text{massa de SO}_2} \rightarrow \frac{40 \text{ g}}{64 \text{ g}} = \frac{X}{9,6 \times 10^3 \text{ t}}$$

$$X = 6,0 \times 10^3 \text{ t}$$

6. (Fuvest – 1993) Nas estações de tratamento de água, eliminam-se as impurezas sólidas em suspensão através do arraste por floculos de hidróxido de alumínio, produzidos na reação representada por



Para tratar $1,0 \times 10^6 \text{ m}^3$ de água foram adicionadas 17 toneladas de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$. Qual a massa de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ necessária para reagir completamente com esse sal?

Dado: massas molares: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 = 342 \text{ g/mol}$; $\text{Ca}(\text{OH})_2 = 74 \text{ g/mol}$

- a) 150 quilogramas
- b) 300 quilogramas
- c) 1,0 tonelada
- d) 30 toneladas

e) 11 toneladas

Pela equação temos:

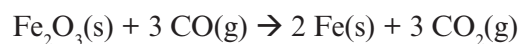
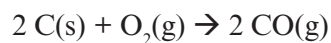
$$\text{Massa de } \text{Ca}(\text{OH})_2 = 3 \text{ mol} \times 74 \text{ g/mol} = 222 \text{ g}$$

$$\text{Massa de } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 = 1 \text{ mol} \times 342 \text{ g/mol} = 342 \text{ g}$$

$$\frac{\text{massa de } \text{Ca}(\text{OH})_2}{\text{massa de } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3} \rightarrow \frac{222 \text{ g}}{342 \text{ g}} = \frac{X}{17 \text{ t}} =$$

$$X \approx 11 \text{ t}$$

7. (Fuvest – 1992) Duas das reações que ocorrem na produção do ferro são representadas por:



O monóxido de carbono formado na primeira reação é consumido na segunda reação. Considerando apenas essas duas etapas do processo, calcule a massa aproximada, em quilograma, de carvão consumido na produção de 1,0 t de ferro.

Dado: massa atômica: Fe = 56; C = 12; O = 16

*Massas molares: CO = 28 g/mol;
Fe = 56 g/mol; C = 12 g/mol*

1. Cálculo da massa de CO necessária

Pela segunda equação temos:

$$\text{Massa de CO} = 3 \text{ mol} \times 28 \text{ g/mol} = 84 \text{ g}$$

$$\text{Massa de Fe} = 2 \text{ mol} \times 56 \text{ g/mol} = 112 \text{ g}$$

$$\frac{\text{massa de CO}}{\text{massa de Fe}} \rightarrow \frac{84 \text{ g}}{112 \text{ g}} = \frac{X}{1,0 \times 10^3 \text{ kg}}$$

$$X = 7,5 \times 10^2 \text{ kg}$$

2. Cálculo da massa de C necessária

Pela primeira equação temos:

$$\frac{\text{massa de C}}{\text{massa de CO}} \rightarrow \frac{24 \text{ g}}{56 \text{ g}} = \frac{X}{7,5 \times 10^2 \text{ kg}}$$

$$X = 321 \text{ kg}$$

Portanto, a massa de carvão necessária para produzir 1,0 t de ferro é de 321 kg.

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

Livros

CANTO, Eduardo Leite. *Minérios, minerais, metais: de onde vêm, para onde vão?* São Paulo: Moderna, 1997.

ESPERIDIÃO, Yvone Mussa; NÓBREGA, Olímpio. *Os metais e o homem*. São Paulo: Ática, 2002. Ambos são livros paradidáticos com informações sobre a obtenção e o uso de diversos metais, podendo ser fonte de pesquisas para os seminários.

PEDROSO, Maria de Fátima Menezes; LIMA, Irene Videira. Ecotoxicologia do cobre e seus compostos. Salvador: Centro de Recursos Ambientais, *Cadernos de Referência Ambiental*, v. 2, 2001. Disponível em: <<http://web.cena.usp.br/apostilas/Regina/Pg/CEN%205738%20Ecotoxicologia/Cobre.pdf>>. Acesso em: 12 ago. 2009. Livro técnico disponível na internet com linguagem acessível; pode ser utilizado como fonte de pesquisa para o professor.

Sites

PROCOBRE. Disponível em: <<http://www.procobre.org/pr/index.html>>. Acesso em: 12 ago. 2009. Traz diversas informações sobre o cobre, sua produção, notícias etc.

DEPARTAMENTO Nacional de Produção Mineral. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br>>. Acesso em: 12 ago. 2009.

CETEM. Centro de Tecnologia Mineral. Disponível em: <<http://www.cetem.gov.br/instituicao.htm>>. Acesso em: 12 ago. 2009. Os dois sites apresentam dados de produção nacional de diversos metais e exploração dos minérios.

PNEUMOCONIOSES. Disponível em: <<http://anatpat.unicamp.br/tapneumocon.html>>. Acesso em: 12 ago. 2009. Traz informações sobre diversas doenças pulmonares, algumas provocadas pelo processo de mineração.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os metais são materiais empregados em praticamente todas as atividades humanas e sem eles seria impossível imaginar a sociedade contemporânea da forma como se conhece hoje. A produção dos metais, em todas as suas etapas, começando pela extração dos minérios até o

descarte dos metais, constitui, portanto, um dos conteúdos mais significativos que podem ser abordados nas aulas de Química no Ensino Médio. A compreensão dos aspectos tecnológicos, sociais, ambientais e científicos envolvidos na produção dos metais pode balizar as

reflexões dos estudantes sobre questões consideradas essenciais no início do século XXI, em especial a necessidade da revisão dos padrões de consumo de materiais e energia e a busca por um modelo de desenvolvimento sustentável que resulte em melhor qualidade de vida para todos e em menores impactos ambientais. Espera-se que essas questões, em certo grau já debatidas pelos estudantes no campo da moral e da ética, sejam enriquecidas pelos conhecimentos adquiridos nos estudos da Química e das demais disciplinas científicas.

A introdução da grandeza quantidade de matéria e do conceito massa molar possibilitou a realização de novas interpretações das equações químicas e a previsão das quantidades de reagentes e de produtos em massa, número de partículas e quantidade de matéria (mol). O estudo quantitativo das transformações químicas teve como foco a produção de metais, mas vai além disso, estendendo-se para qualquer processo.

Deve-se garantir que os estudantes tenham adquirido os conhecimentos químicos principais tratados neste volume: relacionar quantidade de matéria, expressa em mol, massa e número de partículas (átomos, moléculas etc.); calcular massa molar das substâncias; e fazer previsões das quantidades de reagentes e de produtos em uma transformação química. Toda a parte conceitual desenvolvida ao longo deste Caderno formará a base para os estu-

dos da Química das séries seguintes, quando o entendimento das transformações químicas será aprofundado para abranger questões reais mais complexas.

O conteúdo tratado neste volume enriqueceu as discussões e reflexões que ocorreram ao longo do ano. Espera-se que a compreensão sobre as transformações químicas, foco desta série, tenha evoluído, desde as primeiras ideias tratadas no âmbito macroscópico e fenomenológico até os níveis de maior complexidade, em que se articulam, além desses conhecimentos, as dimensões representacional e conceitual. Em outras palavras, deseja-se que, ao final desta primeira etapa do Ensino Médio, os estudantes possam reconhecer a ocorrência de transformações químicas, interpretá-las usando o modelo atômico de Dalton, representá-las por meio de equações químicas balanceadas e estabelecer relações proporcionais nos cálculos e previsões das quantidades de reagentes e de produtos envolvidos nelas. Além dessas competências e habilidades, espera-se também que eles reconheçam, articulem e avaliem aspectos tecnológicos, sociais e ambientais relacionados à exploração dos recursos minerais e sua utilização no sistema produtivo. Esse corpo de conhecimentos oriundos de diversas áreas possibilitará aos nossos educandos a tomada de decisões cada vez mais conscientes e críticas e o desenvolvimento de atitudes cidadãs diante de situações problemáticas que enfrentarão em seu dia a dia.