

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE NACIONAL

PRODUTO EDUCACIONAL

SEQUÊNCIA DIDÁTICA

TEMA: MINERAÇÃO



Lelise Francisca da Silva Fidelis

Regina Simplício Carvalho
Orientadora

LELISE FRANCISCA DA SILVA FIDELIS

PRODUTO EDUCACIONAL

SEQUÊNCIA DIDÁTICA: MINERAÇÃO

Produto Educacional apresentado ao Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI) - Polo - Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Orientadora: Regina Simplício Carvalho

VIÇOSA

MINAS GERAIS – BRASIL

2020

APRESENTAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Caro (a) colega professor (a)

O material aqui apresentado é o resultado de uma pesquisa realizada no Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional, da Universidade Federal de Viçosa / Departamento de Química, desenvolvido por mim, professora-pesquisadora, sob orientação da Professora Regina Simplício Carvalho/DEQ/UFV.

Este produto educacional é composto de uma sequência didática, com a temática Mineração, visando o ensino de Química com abordagem CTS. Uma prévia do produto foi aplicada em uma turma do primeiro ano do Ensino Médio da Educação Básica, e teve como principal foco desenvolver uma aprendizagem significativa e relacionar a vivência dos alunos com a temática proposta. A importância e os reflexos sociais, econômicos e ambientais da atividade mineradora para a sociedade e em especial para a comunidade de Caeté/MG, foram abordados.

O material associa o conteúdo proposto com as práticas escolares e sociais, por meio de atividades como trabalhos em grupos, sala de aula invertida, visitas em espaços não formais de educação, aulas práticas e atividades avaliativas, entre outras, com o objetivo de promover uma alfabetização científica e sociocultural.

Espera-se que este produto educacional possa contribuir para desenvolver uma visão crítica dos alunos sobre a atuação da atividade mineradora no âmbito local, regional, nacional e mundial, e sobre as questões ambientais relacionadas a mesma.

Um abraço,

Lelise Francisca da Silva Fidelis

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	05
1.1 Objetivos e etapas da sequência didática	06
1.1.1 Objetivo geral	06
1.1.2 Objetivos específicos	06
1.2 Conceitos desenvolvidos	06
1.3 Composição da sequência didática	07
1.4 Recursos didáticos	08
1.5 Avaliação	08
AULA 01	09
Texto	13
AULA 02	17
AULA 03	19
AULA 04	24
Relatório da Visita Técnica	27
AULA 05	29
Texto	30
AULA 06	35
Texto	37
Atividade Avaliativa	39
AULA 07	40
Texto	42
Questões propostas	48
AULA 08	49
Texto	50
Questões Propostas	57
Aula 09	58
Atividade Avaliativa	59
2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65

1 Introdução

A maior parte do conhecimento que os alunos disponibilizam em sala de aula provém de seu cotidiano. Os significados anteriormente elaborados têm estreita relação com os grupos sociais os quais convivem no seu dia a dia. Por isso, aceitando-se o aprender como reconstrução, é essencial aceitar que as aprendizagens propostas tenham seu ponto de partida no cotidiano (GALIAZZI; MORAES; RAMOS, 2010).

Numa sala de aula em que se pretenda operar nas teorias socioculturais, o conhecimento do senso comum não é entendido como conhecimento inferior, mas é assumido como ponto de partida para a elaboração de conhecimentos científicos. A apropriação do discurso da Química encaminha, no mesmo processo, a constituição do sujeito alfabetizado cientificamente e a participação desse mesmo sujeito nas transformações sociais e nas realidades em que este se envolve. O domínio de uma outra linguagem, a apropriação de outro discurso, o discurso químico, amplia a realidade do sujeito, criando novas possibilidades de participação para quem aprende efetivamente Química (GALIAZZI; MORAES; RAMOS, 2010).

Na Educação Básica, a área de Ciências da Natureza deve contribuir com a construção de uma base de conhecimentos contextualizada, que prepare os estudantes para fazer julgamentos, tomar iniciativas, elaborar argumentos e apresentar proposições alternativas, bem como fazer uso criterioso de diversas tecnologias. O desenvolvimento dessas práticas e a interação com as demais áreas do conhecimento favorecem discussões sobre as implicações éticas, socioculturais, políticas e econômicas de temas relacionados às Ciências da Natureza (BRASIL, 2018).

Portanto a sequência Didática com a temática Mineração visa relacionar a vivência dos alunos com o contexto da sala de aula, fazendo relações com a prática e a teoria, abordando conceitos na área de Ciências da Natureza, trabalhando a interdisciplinaridade trazendo reflexões sobre as questões ambientais, sociais e culturais.

1.1 Objetivos da sequência didática

Tema: Mineração

1.1.1 Objetivo Geral:

Esta sequência didática com abordagem CTS, visa promover um ensino de química contextualizado e interdisciplinar, entre a Química, a História, a Biologia e a Geografia, abordando conteúdos sobre a Mineração, contexto histórico da cidade de Caeté, sua participação no ciclo do ouro e a atuação da mineração na cidade, temas ambientais relacionados à atividade mineradora na cidade, a importância do ferro para a sociedade e na alimentação.

1.1.2 Objetivos Específicos:

- ✓ Desenvolver uma visão crítica nos alunos sobre a atuação da mineração na cidade de Caeté e sobre as questões ambientais relacionadas a essa atividade.
- ✓ Trabalhar a interdisciplinaridade com os conteúdos de História, Biologia e Geografia.
- ✓ Diferenciar conceitos relacionados à Mineração como minério, metais, minerais e rochas.
- ✓ Utilizar artigos científicos e textos de livros didáticos sobre a temática associados à metodologias que promovam o desenvolvimento das habilidades e a interação entre os alunos e com os conteúdos abordados.
- ✓ Aplicar uma atividade avaliativa com questões de vestibular e Enem que abordam conceitos como metais, mineração, oxidação dos metais e suas propriedades.

1.2 Conceitos desenvolvidos

- ✓ Mineração: conceitos relacionados à mineração e sua importância histórica, econômica e ambiental.
- ✓ Metais: suas propriedades e sua importância para a sociedade.

- ✓ Elemento químico ferro: propriedades e sua importância na alimentação, suas necessidades e as consequências de sua deficiência no organismo.

1.3 Composição da sequência didática

Esta sequência é composta por 09 aulas, além de pesquisas e atividades extraclasse a serem realizadas pelos alunos.

Aulas

Aula 01 - Abordagem dos conceitos relacionados à mineração como metais, mineral, minério e rochas.

Aula 02 - Confeção de cartazes com os conceitos relacionados à Mineração e apresentação para a turma.

Aula 03 - Apresentação de vídeos para a reflexão dos alunos sobre os impactos provocados pela mineração

- Coleta de dados sobre a opinião dos alunos a respeito da Mineração.

Aula 04 - Visita a Litoteca do Serviço Geológico do Brasil (CPRM).

Aula 05 - Leitura e interpretação do texto Beneficiamento de Minério. Confeção de fluxograma.

Aula 06 – Leitura e interpretação do texto: METAIS, SOCIEDADE E AMBIENTE (disponível no livro Química Cidadã, de Widson Santos e Gerson Mol - volume 03) e aplicação de um questionário sobre o texto.

Aula 07 – Aula prática: Oxidação de metais.

Aula 08 - Aula prática: Extraíndo ferro de cereais matinais

Aula 09 - Aplicação de uma atividade avaliativa para os alunos com questões de vestibulares e ENEM que abordam conceitos como metais, mineração, oxidação dos metais e suas propriedades.

1.4 Recursos didáticos

- ✓ Recursos audiovisuais: vídeos sobre a atuação da Mineração no estado de Minas Gerais e sobre a Importância do ferro (Fe) na alimentação.
- ✓ Textos sobre o conteúdo abordado.
- ✓ Questões de vestibulares e do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM).
- ✓ Atividades para verificação de aprendizagem dos alunos.
- ✓ Materiais e equipamentos de laboratório.

1.5 Avaliação

- ✓ Participação dos alunos durante as aulas e durante a realização das atividades propostas.
- ✓ Apreciação dos cartazes confeccionados pelos alunos, dos relatórios das aulas práticas e dos questionários aplicados.
- ✓ Verificação da aprendizagem dos alunos através de Atividade Avaliativa proposta com questões de vestibulares e do ENEM.

AULA 01

Apresentação da proposta da pesquisa, abordagem do tema Mineração e distribuição dos conceitos a serem trabalhados

De acordo com Galiazzi, Moraes e Ramos (2010), o movimento do pensamento de uma linguagem cotidiana para uma linguagem científica é um dos modos de tornar mais complexo os pensamentos e os conhecimentos. Portanto aprender Química é reconstruir conhecimentos do cotidiano aproximando-os dos conhecimentos aceitos nesta área. É importante que todos os cidadãos tenham um domínio da linguagem científica e, dentro dela, do discurso da Química. Trabalhar com os alunos o tema Mineração de forma contextualizada é fazer com que o aluno interage com o seu cotidiano, uma vez que essa atividade tem suma importância na vida de todos os indivíduos.

Nesta aula, primeiro momento da sequência didática, é feita a apresentação da proposta da pesquisa relacionando-a com a importância da atividade mineradora para a região, em nosso caso, e para a sociedade. Por meio de uma conversa informal apresentou-se aos alunos fatos abordados em jornais e na mídia em geral, sobre os desastres ambientais provocados pela Mineração. Os fatos mencionados foram a retomada da exploração de minério de ferro na Serra da Piedade localizada em Caeté/MG, o impacto dessa exploração para a economia da cidade, para a sociedade e principalmente para o meio ambiente, sendo que a região é considerada um conjunto Cultural, Arquitetônico, Paisagístico e Natural. A região possui um acervo religioso, valorado por muitos fiéis católicos, o santuário da Padroeira de Minas Gerais. Os rompimentos das barragens de Mariana/MG e de Brumadinho/MG e os impactos, tanto ambientais quanto econômicos e sociais para a região, foram abordados. A seguir estão apresentados os recortes de jornais apresentados e discutidos.



Figura 01: Recorte de reportagem do Jornal Opinião - Extração irregular de minério na Serra
 Fonte: ALMEIDA, G. J. Opinião Caeté. Disponível em: <http://www.opiniaocaete.com.br/crbst_15.html>.
 Acesso em: 16 de outubro de 2019



Figura 02: Recorte de reportagem do Jornal Opinião Demissões na mineração afeta economia de Caeté
 Fonte: ALMEIDA, G. J. Opinião Caeté. Disponível em: <http://www.opiniaocaete.com.br/crbst_15.html>..
 Acesso em: 16 de Outubro de 2019



Figura 03: Recorte de reportagem do Jornal Opinião – Mineração ameaça abastecimento de água na Serra da Piedade
 Fonte: ALMEIDA, G. J. Opinião Caeté. Disponível em: <http://www.opiniaocaete.com.br/crbst_15.html>..
 Acesso em: 16 de Outubro de 2019



Figura 04: Recorte de reportagem do Jornal Opinião – Empresa é autorizada a minerar na Serra

Fonte : ALMEIDA, G. J. Opinião Caeté. Disponível em:

<http://www.opinioocaete.com.br/crbst_15.html>. Acesso em: 16 de Outubro de 2019



Figura 05: Recorte de reportagem do Jornal Opinião – Mineração de olho na Serra da Piedade

Fonte : ALMEIDA, G. J. Opinião Caeté. Disponível em:

<http://www.opinioocaete.com.br/crbst_15.html>. Acesso em: 16 de Outubro de 2019

Os alunos participaram da conversa trazendo experiências e opiniões a respeito do tema Mineração. Após esse momento a professora questionou aos alunos se eles compreendiam a diferença entre metais, mineral, minério e rocha e os conceitos foram explicados. Em seguida os alunos foram orientados a fazer a pesquisa sobre os conceitos em livros didáticos, revistas e na internet para a confecção e apresentação de cartazes em grupo na aula seguinte. Os grupos eram compostos por cinco integrantes.

Descubra a diferença entre minério, metal, minerais e rochas¹

O que diferencia um minério de um mineral? Todo metal é minério? O minério é uma rocha? Por vezes, podem surgir algumas dúvidas quanto à mineração, principalmente pela complexidade do tema. Afinal, o minério é vendido diretamente para outras empresas e chega ao consumidor já no produto final, como celulares, computadores e carros. Neste texto, explicamos a diferença entre quatro termos relacionados à mineração que podem ser facilmente confundidos.



Figura 06: Diferença entre minério, metal, minerais e rochas

Fonte: <https://portaldamineracao.com.br/descubra-diferenca-entre-minerio-metal-minerais-e-rochas/>

Minerais

Mineral é um corpo natural sólido e cristalino formado em resultado da interação de processos físico-químicos em ambientes geológicos. Cada mineral é classificado e denominado não apenas com base na sua composição química, mas também na estrutura cristalina dos materiais que o compõem. Para descobrir a composição de um mineral, é feita uma análise química e física, que determina as proporções relativas dos diferentes elementos químicos daquele mineral e a sua estrutura cristalina. Exemplos: quartzo, pirita, hematita etc.

¹ Texto compilado de: <http://www.vale.com/brasil/PT/aboutvale/news/Paginas/descubra-diferenca-entre-minerio-metal-minerais-rochas.aspx>. Acesso em: 02/04/2019

Rocha

As rochas são agregados de um ou mais minerais. Desta forma, pode-se afirmar que todas as rochas são constituídas de minerais. É possível descobrir do que elas são feitas por meio da análise de sua composição química ou da composição mineralógica. Essa última expressa as diferentes proporções dos minerais que constituem a rocha.

Minério

É um agregado de minerais rico em um determinado mineral ou elemento químico que é economicamente e tecnologicamente viável para extração (mineração). O cobre, por exemplo, acontece naturalmente em alguns tipos de rochas, mas só é possível tornar-se um minério quando se concentra em quantidades elevadas e é possível de ser extraído da natureza.

Metais

São elementos extraídos de alguns minérios encontrados em solos e rochas – o ferro e o cobre são recolhidos dos minérios já na forma adequada para serem utilizados; o aço e o bronze, por outro lado, precisam ser associados a outras substâncias. Os metais podem ser separados em dois grupos: os ferrosos (compostos por ferro), como ferro e aço, e os não-ferrosos, como alumínio, cobre e metais pesados (chumbo, níquel, zinco e mercúrio).

Referências Bibliográficas

ALMEIDA, G. J. Opinião Caeté.

Disponível em: <http://www.opiniaocaete.com.br/crbst_15.html>. Acesso em: 2019 Outubro 16

<http://www.vale.com/brasil/PT/aboutvale/news/Paginas/descubra-diferenca-entre-minerio-metal-minerais-rochas.aspx> Acesso em: 02/04/2019

→ Sugestões

Como sugestão, deixamos a possibilidade de ser realizado um trabalho em grupo com os alunos. O professor apresentaria um texto abordando os temas relacionados à mineração, e este seria dividido por temas sendo que cada grupo receberia uma parte do texto para ser interpretado e analisado. A sala poderia ser dividida em grupos de no máximo cinco alunos, sendo que adaptações podem ser necessárias conforme o número de alunos na turma. Após esse momento de interpretação e análise dos temas pelos grupos, pode ser realizada uma mesa redonda para discussão e apreciação dos conceitos e do tema abordado.

Outra sugestão de atividade seria o professor apresentar aos alunos imagens relacionadas aos temas abordados e fazer um levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos como reações de oxirredução, ferro, ferrugem, barragem de rejeitos, mineração e assim introduzir os conceitos.

A aplicação de um questionário de sondagem de aprendizagem seria outra sugestão para analisar o conhecimento prévio dos alunos a respeito da temática Mineração, trazendo resultados quantitativos e qualitativos.

Questionário de sondagem de aprendizagem

1 – Você é a favor da atuação da Mineração no seu município?

() Sim Por quê? _____

() Não

2 – Você se preocupa com a atividade mineradora no seu município?

() Sim Por quê? _____

() Não

3 - Você já estudou algo sobre Mineração?

() Sim Cite _____

() Não

() Não me lembro

4 – Você acha que a atividade mineradora afeta o meio ambiente?

() Sim Por quê? _____

() Não

5 – Qual o seu grau de conhecimento a respeito de (a/o)?

a) Mineração () Muito Bom () Bom () Razoável () Nenhum

b) Minério () Muito Bom () Bom () Razoável () Nenhum

c) Metais () Muito Bom () Bom () Razoável () Nenhum

d) Minerais () Muito Bom () Bom () Razoável () Nenhum

e) Rochas () Muito Bom () Bom () Razoável () Nenhum

f) Ferro () Muito Bom () Bom () Razoável () Nenhum

AULA 02

Confecção dos cartazes pelos alunos e apresentação dos trabalhos para a turma

Se pararmos para recordar as situações nas quais adquirimos conhecimento, facilmente perceberemos que grande parte delas envolve outras pessoas, como familiares ou amigos. Ao percebermos isso, possivelmente concordaremos com a relevância da frase “não se aprende sozinho” (FATARELI et al., 2010, p. 161).

Segundo Cortella (1999 apud FATARELI et al., 2010) é pela mediação e interação com o outro que o conhecimento é produzido. Para o autor, nesse processo, o conhecimento é a relação na qual intervêm o sujeito e o objeto, não estando a verdade nem no sujeito nem no objeto, mas precisamente na interação entre eles.

Para a realização dessa atividade os grupos compostos por cinco alunos levaram para a sala de aula uma pesquisa sobre os conceitos relacionados à Mineração como **metais**, **mineral**, **minério** e **rochas**, imagens e materiais como cartolinas, canetas esferográficas e cola para a confecção dos cartazes que foram previamente solicitados na aula anterior.

Os alunos se organizaram em grupos, confeccionaram os cartazes e logo após apresentaram para a turma o trabalho realizado. Após os grupos apresentarem os trabalhos produzidos, os cartazes foram afixados nos corredores da escola e na sala de aula.

Nesta aula os integrantes de cada grupo se relacionaram de forma dinâmica, todos estavam atentos e participativos na confecção dos cartazes. Os alunos compartilharam materiais que foram solicitados previamente como canetas esferográficas e colas entre os grupos o que despertou um espírito colaborativo na sala. Após a confecção dos cartazes, cada grupo selecionou dois integrantes que ficaram responsáveis em apresentar o trabalho realizado para

a turma. Durante as apresentações todos os alunos ficaram atentos às explicações.

Referência Bibliográfica

FATARELI, Elton Fabrino; FERREIRA, Jerino Queiroz; FERREIRA, Luciana Nobre de Abreu; QUEIROZ, Salete Linhares. Método cooperativo de Aprendizagem Jigsaw no Ensino de Cinética Química. **Química Nova na Escola**, v.31, n 3, p. 161-168, agosto 2010.

AULA 03

Apresentação de vídeos para a reflexão dos alunos sobre os impactos provocados pela Mineração e coleta de dados sobre a opinião dos alunos a respeito dessa atividade

A contextualização no ensino de Ciências que privilegia o estudo de contextos sociais com aspectos políticos, econômicos e ambientais, fundamentada em conhecimentos das ciências e tecnologia, é fundamental para desenvolver um ensino que venha a contribuir para a formação de um aluno crítico, atuante e, sempre que possível, transformador de sua realidade desfavorável. (MARCONDES e SILVA, 2010)

O terceiro momento da sequência didática inclui a apresentação de quatro vídeos para estimular a reflexão dos alunos sobre impactos provocados pela mineração. Dois dos vídeos apresentados são da Mineradora Vale do Rio Doce os quais possuem o lema “Evoluir é o melhor caminho, sempre” com duração de 1:46 e 1:53 minutos. Vídeos que mostram a presença e a importância de alguns minérios produzidos pela mineradora em histórias emocionantes de algumas pessoas. Os outros dois vídeos são da Produtora Filadélfia, que trazem uma campanha, com a atriz Mariana Ximenes, afirmando a importância de não deixar um dos maiores desastres ambientais do Brasil, o rompimento da barragem de rejeitos na cidade de Mariana/MG, ser esquecido. Esses vídeos têm duração de 0:49 segundos e 1:03 minuto.



Figura 07: Vídeo da Mineradora Vale do Rio Doce com o lema “Evoluir é o melhor caminho, sempre”

Fonte: <http://www.vale.com/hotsite/PT/Paginas/Inovacao/default.aspx>. Acesso em: 02/10/2019



Figura 08: Vídeo da Mineradora Vale do Rio Doce com o lema “Evoluir é o melhor caminho, sempre”

Fonte: <http://www.vale.com/hotsite/PT/Paginas/Inovacao/default.aspx>. Acesso em: 02/10/2019



Figura 09: Vídeo Não esqueça Mariana

Fonte: <https://youtu.be/tF7dljnySLY> - Acesso em: 02/10/2019



Figura 10: Vídeo Não esqueça Mariana

Fonte: <https://youtu.be/Vy8nUUHJwG4> - Acesso em: 02/10/2019

Nessa aula a exibição dos vídeos tem o objetivo de apresentar aos alunos realidades diferentes em relação à Mineração. Os alunos ao assistirem os vídeos passam a ter opiniões críticas referentes à importância da atividade mineradora para a sociedade e também referente aos grandes impactos ambientais e sócio econômicos provocados e esquecidos pelas mineradoras.

Após a apresentação dos vídeos foi realizado um debate sobre a importância da Mineração, onde os alunos relataram as suas opiniões. Depois foi proposto aos mesmos que escrevessem em uma folha de papel, sem identificação, a

opinião deles a respeito da atuação e da importância da Mineração. A partir das respostas dos alunos foi feito um levantamento da porcentagem de alunos que são a favor, contra e nem contra/nem a favor da atuação da mineração.

→ Sugestões

Os vídeos referentes à mineradora Vale do Rio Doce apresentados para os alunos em 2019, não estão mais disponíveis no site da empresa. Deixo como sugestões outros vídeos que estão disponíveis, no momento no site da Mineradora Vale do Rio Doce e que proporcionam a mesma reflexão dos vídeos utilizados na proposta da sequência didática.



O níquel, o marca-passo e a história da Mayara e do Davih

Disponível em: <https://youtu.be/0rqiYf0hYgU> - Acesso em 28/01/2021



Saiba mais sobre a história do Davih

Clique aqui para assistir

Disponível em: <https://youtu.be/eI1dXEgQVtc> - Acesso em 28/01/2021

Referências Bibliográficas

Vídeos disponíveis em:

<https://youtu.be/ORI9IO5dKlo> - Acesso em: 02/10/2019

https://youtu.be/_ayk7SQjKgM - Acesso em: 02/10/2019

<https://youtu.be/tF7dljnySLY> - Acesso em: 02/10/2019

<https://youtu.be/Vy8nUUHJwG4> - Acesso em: 02/10/2019

AULA 04

Visita a Litoteca do Serviço Geológico do Brasil (CPRM)

O Serviço Geológico do Brasil (CPRM) é uma empresa pública, vinculada ao Ministério de Minas e Energia e sua missão é gerar e disseminar conhecimento geocientífico com excelência, contribuindo para melhoria da qualidade de vida e desenvolvimento sustentável do Brasil.

A Rede de Litotecas do CPRM totalizam dez litotecas. As litotecas são abertas à visitação, sendo necessário agendamento prévio. Também é possível obter acesso ao acervo, perante solicitação prévia oficial. O acervo litológico é constituído por testemunhos de sondagem, amostras de rochas, alíquotas geoquímicas, lâminas petrográficas e por materiais de geologia marinha, coletados nas mais diferentes regiões geológicas e geográficas do país. As litotecas da CPRM estão localizadas nos estados de São Paulo, Bahia, Pará, Minas Gerais, Rio Grande do Norte, Rondônia, Piauí, Amazônia, Goiás e Rio Grande do Sul.

A litoteca tem como objetivo a manutenção e organização de materiais/dados geológicos (geocientíficos) com vistas à disseminação da informação via reinterpretação dos materiais/dados armazenados.

As litotecas representam uma importante prova material do trabalho realizado pela CPRM em prol do desenvolvimento econômico e social do país, por meio do conhecimento da sua geodiversidade.

A preservação desse material é uma demonstração de responsabilidade perante o povo brasileiro, que repassou esses recursos, bem como uma contribuição contínua ao conhecimento do nosso território, sendo, portanto, estratégica para a nossa soberania.

Estruturas do prédio da CPRM na cidade de Caeté estão apresentadas nas Figuras 11, 12 e 13.



Figura 11: Prédio do Serviço Geológico do Brasil (CPRM) em Caeté/MG

Fonte: <http://www.cprm.gov.br/publique/Noticias/CPRM-inaugura-em-Caete-litoteca-e-laboratorio-de-analises-minerais-4632.html>



Figura 12: Acervo da Litoteca do Serviço Geológico do Brasil (CPRM) em Caeté/MG

Fonte: <http://www.cprm.gov.br/publique/Noticias/CPRM-inaugura-em-Caete-litoteca-e-laboratorio-de-analises-minerais-4632.html>



Figura 13: Área de Armazenamento de Material Geológico- Litoteca Regional de Caeté-MG

Fonte: https://www.cprm.gov.br/publique/media/litotecas/regulamento_litotecas.pdf

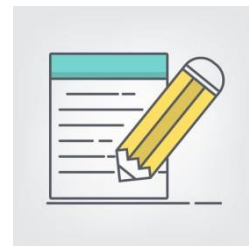
O quarto momento da sequência didática é a realização de uma visita técnica com os alunos à litoteca no Serviço Geológico do Brasil (CPRM) que disponibiliza um rico conjunto de amostragens geológicas, localizado próximo da escola (em torno de 400 metros de distância). Como vários alunos da escola residem em distritos da cidade de Caeté e fazem uso do transporte escolar, a visita deve ocorrer no período da aula (no turno da manhã).

Será solicitado aos alunos um relatório da visita, no qual deverá ser abordado os principais aspectos observados e o que mais despertou interesse durante a visitação.

Relatório da Visita Técnica à Litoteca da CPRM

Aluno: _____

Data da visita: ____/____/20____



Após a realização da visita à Litoteca da CPRM responda as seguintes perguntas:

1) O que é uma Litoteca?

2) Descreva o local de visita/setores visitados.

3) Explique cada etapa do processo de visitação em relação ao seu funcionamento.

4) O que você achou de mais interessante na visitação à Litoteca da CPRM?

→ Sugestões

A visitação à espaços não formais como museus, galerias, centro histórico das cidades são sugestões de atividades, nas quais o professor poderá abordar conceitos relacionados à mineração a partir do contexto histórico da cidade e/ou região.

Referência Bibliográfica

www.cprm.gov.br. Acesso em: 31/03/2020

www.cprm.gov.br/publique/media/litotecas/regulamento_litotecas.pdf Acesso em: 27/08/2020

AULA 05

Leitura e interpretação do texto: Beneficiamento do Minério

Nesta etapa da sequência didática, será apresentado aos alunos um texto sobre o Beneficiamento do Minério. O texto será distribuído para os alunos e lido conjuntamente com a professora. Posteriormente será solicitado a elaboração de um fluxograma sobre o assunto. Para a elaboração do fluxograma a turma será dividida em pequenos grupos, compostos por três alunos cada. O fluxograma é um tipo de diagrama de blocos, que pode ser entendido como uma representação esquemática de um processo feito por meio de gráficos que ilustram a transição de informações entre os elementos que o compõem, ou seja, é a sequência operacional do desenvolvimento de um processo, apresentando todas as etapas do beneficiamento.

Texto - Beneficiamento do Minério

Este texto foi compilado a partir dos autores: Almeida, Figueira e Luz (2010); Lins e Luz (2010); Luz, Sampaio e França (2010) e Roeser e Roeser (2010)

Os minerais são importantes matérias-primas de diferentes materiais utilizados pela sociedade. A gipsita, por exemplo, é a matéria-prima para a produção do gesso utilizado em construções. A bauxita e a hematita são matérias-primas para a produção do alumínio e do ferro respectivamente. Tais minerais que contêm metais e outras substâncias de interesse econômico, são chamados de minérios.

Minério é toda rocha constituída de um mineral ou agregado de minerais contendo um ou mais minerais valiosos, que podem ser aproveitados economicamente. Esses minerais valiosos, aproveitáveis como bens úteis, são chamados de minerais-minério. O mineral ou conjunto de minerais não aproveitados de um minério é denominado ganga. Como eles são oriundos de rochas, podem ser encontrados em todo o mundo, porém a quantidade e a diversidade de cada mineral são diferentes em cada região do planeta. O Brasil, por exemplo, é muito rico em jazidas de minério de ferro, sendo a maior delas a mina de Carajás, no Pará.



Figura 14: Mina de ferro de Carajás, a maior do mundo, Em Parauapebas, Pará

Fonte: <https://outraspalavras.net/mercadovsdemocracia/mineracao-tao-devastadora-quanto-ignorada/>

O tratamento ou beneficiamento de minérios consiste de operações físicas – aplicadas aos bens minerais – visando modificar a granulometria, a concentração relativa das espécies minerais presentes ou a forma, sem, contudo, modificar a identidade química ou física dos minerais. Há autores que defendem um conceito mais amplo para o tratamento de minérios, como sendo um processamento no qual os minerais podem sofrer até alterações de ordem química, resultantes de simples decomposição térmica ou mesmo de reações típicas geradas pela presença do calor.

O minério de ferro é composto do mineral de ferro (hematita - $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$, goethita - $\alpha\text{-FeOOH}$ ou magnetita- Fe_3O_4) e da ganga, geralmente composta de silicatos. A rocha é constituída principalmente de goethita, caulinita e gibbsita. A hematita ocorre nessa amostra em baixa concentração ($< 15\%$). Como a rocha é composta de diferentes minerais, o minério de ferro precisa passar por beneficiamento de forma a enriquecer o minério do mineral de interesse. A esse material se denomina concentrado. Dessa forma o minério se torna apto para ser usado em usinas siderúrgicas.

O estado de Minas Gerais cujo sinônimo informal pode ser: “*algo de cada*”, faz toda a honra ao seu nome. As minas de ferro e de manganês servem à indústria siderúrgica, a bauxita à produção de alumínio, o calcário representa a base da indústria de cimento, e rochas fosfáticas tem seu uso em fertilizantes. Rochas ornamentais como serpentinito e quartzito são aplicadas na construção civil e no nordeste do estado ocorrem pegmatitos industriais dos quais se ganha os minerais de muscovita e quartzo.

Pode-se assim considerar o estado de Minas Gerais como um paraíso mineralógico. Isto se aplica especialmente para o Quadrilátero Ferrífero. O Quadrilátero Ferrífero, uma estrutura geológica cuja forma se assemelha a um quadrado, perfaz uma área de aproximadamente 7000 km^2 . É uma região clássica da geologia e da mineração brasileira, que se estende entre Ouro Preto e Belo Horizonte, incluindo também os municípios de Brumadinho, Caeté, Congonhas, Itabira, Itaúna, Mariana, Rio Piracicaba, Sabará, Santa Bárbara, São Gonçalo do Rio Abaixo, entre outras. E, ainda hoje, é considerada a mais importante província mineral do Sudeste do Brasil (e uma das mais importantes

de todo o país), se destacando no cenário nacional pela grande riqueza mineral .Ocorrem aqui jazidas de ferro (Fe), manganês (Mn), ouro (Au), bauxita e pedras preciosas, como topázio e esmeralda.

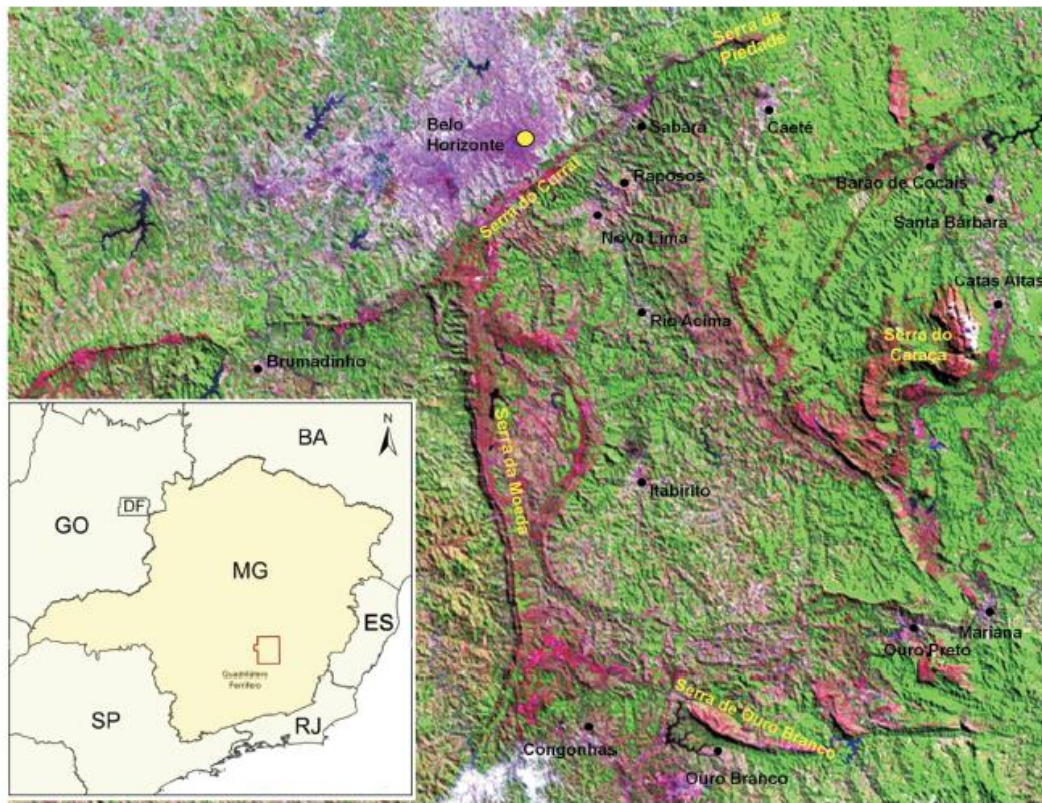


Figura 15: Mapa com os municípios que integram o Quadrilátero Ferrífero

Fonte: Machado e Ruchkys, 2013, p.121

O processo de tratamento de minério envolve operações unitárias clássicas que podem ser classificadas da seguinte forma:

- **Britagem e moagem:** é a operação que fragmenta os blocos obtidos na lavra e envolvem grande consumo de energia.
- **Classificação por peneiramento, hidrociclones ou classificador espiral:** etapa necessária para separar os sólidos com diferentes granulometrias. A fração mais grosseira é reenviada para a britagem ou moagem. A escolha da melhor rota de classificação está relacionada, dentre outros fatores, com a faixa de granulometria do sólido.

- **Concentração:** trata-se da operação para separação do mineral desejado, de valor econômico (mineral-minério), que irá gerar o concentrado, da ganga, que irá constituir o rejeito.
- **Desaguamento:** etapa que envolve decantação, espessamento e filtragem do concentrado e rejeito, com recuperação de água para o processo.
- **Disposição do rejeito em barragens de rejeito, cavas de mina ou galerias subterrâneas:** trata-se de uma etapa crítica para minimizar impactos e riscos ambientais.

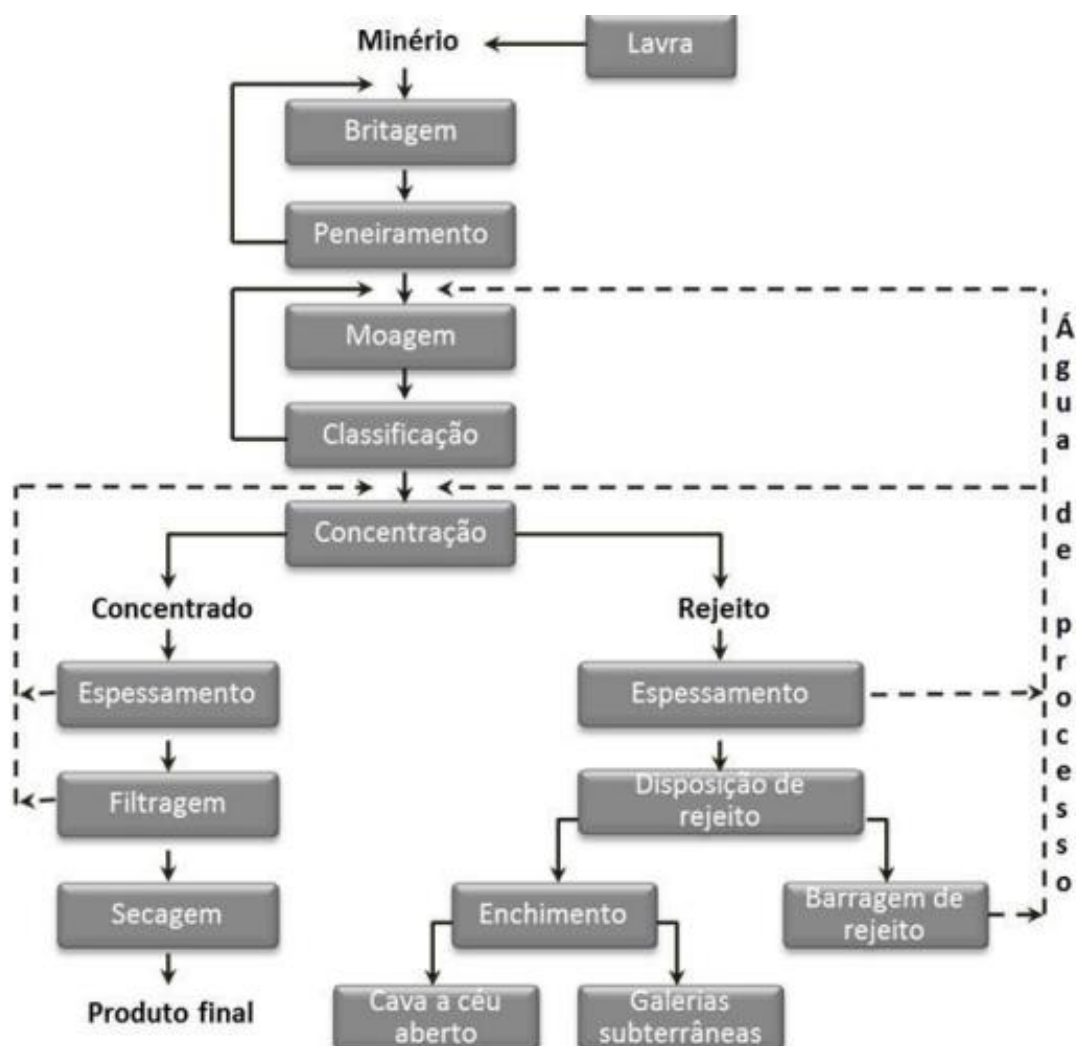


Figura 16: Fluxograma de beneficiamento do minério de ferro

Fonte: (Luz e Lins, 2010, p.5)

Todos estes processos são dimensionados para se trabalhar com milhões de toneladas/ano e requerem espaço e disponibilidade de água e energia. Apesar

da grande riqueza de minerais encontrados no Brasil trazer benefícios econômicos, a atividade mineradora causa imenso impacto ambiental, já que grandes volumes de terra são deslocados, o relevo é alterado e a flora é destruída com graves consequências para a fauna local. Além disso, o solo e as reservas de águas subterrâneas são contaminados com os agentes químicos empregados no processo de mineração.

Referências Bibliográficas

ALMEIDA, Salvador Luiz de; FIGUEIRA, Hedda Vargas O.; LUZ, Adão Benvindo. Britagem e Moagem. . Capítulo 04, p.143-210. In: LUZ, Adão Benvindo; SAMPAIO, João Alves. FRANÇA, Silvia Cristina Alves (org). **Tratamento de Minérios**. 5ª edição, Centro de Tecnologia mineral (CETEM) / Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), Rio de Janeiro, 2010.

LINS, Fernando Antônio Freitas; LUZ, Adão Benvindo. Introdução ao tratamento de Minérios. Capítulo 01, p.03-18. In: FRANÇA, Silvia Cristina Alves; LUZ, Adão Benvindo; SAMPAIO, João Alves. (org). **Tratamento de Minérios**. 5ª edição, Centro de Tecnologia mineral (CETEM) / Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), Rio de Janeiro, 2010.

LUZ, Adão Benvindo; SAMPAIO, João Alves. FRANÇA, Silvia Cristina Alves (org). **Tratamento de Minérios**. 5ª edição, Centro de Tecnologia mineral (CETEM) / Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), Rio de Janeiro, 2010.

ROESER, Hubert Matthias Peter; ROESER, Patricia Angelika. **O Quadrilátero Ferrífero – MG, Brasil: aspectos sobre sua história, seus recursos minerais e problemas ambientais relacionados**. Revista Geonomos- v. 18, n. 1, p.33-37, 2010.

https://minerajr.ufop.br/blog/quadrilatero_ferrifero_e_comunidade.html Acesso: 28/12/2020

AULA 06

Leitura e interpretação do texto: METAIS, SOCIEDADE E AMBIENTE

Na Educação Básica, a área de Ciências da Natureza deve contribuir com a construção de uma base de conhecimentos contextualizada, que prepare os estudantes para fazer julgamentos, tomar iniciativas, elaborar argumentos e apresentar proposições alternativas, bem como fazer uso criterioso de diversas tecnologias. O desenvolvimento dessas práticas e a interação com as demais áreas do conhecimento favorecem discussões sobre as implicações éticas, socioculturais, políticas e econômicas de temas relacionados às Ciências da Natureza (BRASIL, 2018).

No Ensino Médio, a área de Ciência da Natureza deve, portanto, se comprometer, assim como as demais, com a formação dos jovens para o enfrentamento dos desafios da contemporaneidade, na direção da educação integral e da formação cidadã. Os estudantes, com maior vivência e maturidade, têm condições para aprofundar o exercício do pensamento crítico, realizar novas leituras do mundo, com base em modelos abstratos, e tomar decisões responsáveis, éticas e consistentes na identificação e solução de situações-problema (BRASIL, 2018).

A proposta desse momento da sequência didática é a leitura e interpretação do texto METAIS, SOCIEDADE E AMBIENTE, disponível no livro Química Cidadã, de Widson Santos e Gerson Mol - Volume 03 e a aplicação de um questionário sobre o texto.



Figura 16: Capa do livro Química Cidadã de Widson Santos e Gerson Mol - volume 03

Os alunos serão organizados em duplas, e cada aluno receberá o texto. Será estipulado um tempo de 20 minutos para a leitura do texto e logo após os alunos receberão um questionário avaliativo contendo 05 questões discursivas. A sugestão é que, em outro momento, após a correção dos questionários, o professor faça a leitura das respostas que considerou mais adequadas.

Texto: METAIS, SOCIEDADE E AMBIENTE

(MOL; SANTOS, 2013, p. 269-270)

Tema em foco

METAIS, SOCIEDADE E AMBIENTE

A utilização de diferentes metais serve como indicador do nível econômico e das classes sociais construídas por diferentes povos. A diminuição dos preços de metais e sua substituição por materiais mais baratos têm permitido acesso a instrumentos e objetos que antes só podiam ser utilizados por pessoas mais favorecidas economicamente.

O valor associado a uma mercadoria depende de vários fatores, como o domínio do processo tecnológico, o valor de uso, o custo de produção etc. Esses valores mudam com o tempo, de forma que um metal como o alumínio, que era obtido quimicamente por meio da reação com o potássio, custava muito caro e somente era utilizado na confecção de talheres de uso pessoal de alguns nobres. Hoje, com produção muito mais barata, é largamente utilizado por pessoas de todos os níveis sociais.

Entretanto, para que seja possível essa ampla utilização do alumínio, é preciso extrair enormes quantidades de minério, causando problemas ambientais como a devastação de florestas e a própria contaminação do ambiente por alguns metais. Além disso, também ocorre a emissão de poluentes derivados de indústrias metalúrgicas.

Outro grave problema a ser destacado são as condições de trabalho dos operários que atuam nas indústrias metalúrgicas, principalmente as de pequeno porte, onde faltam equipamentos de segurança e a adoção de medidas técnicas de produção que diminuam o contato do trabalhador com os agentes poluidores.

Por isso, tem surgido a necessidade de substituir os metais por novos materiais. Muitos objetos anteriormente feitos exclusivamente de metais já são confeccionados atualmente com outras matérias-primas, principalmente com os diferentes tipos de plásticos disponíveis comercialmente.

Esse desafio tem sido enfrentado pelos químicos, que procuram cada vez mais desenvolver processos de substituição de materiais. A engenhosidade da Química em produzir novos materiais é tão grande que diariamente são sintetizadas milhares de novas substâncias, o que torna muito dinâmica a atividade produtiva de substituição de material.

Nos últimos anos, o desenvolvimento tecnológico nesse setor tem sido intenso, pois além de serem criados novos tipos de materiais, matérias-primas empregadas na fabricação de materiais já existentes têm sido empregadas de outras formas.

Outro aspecto importante é que as restrições impostas pelas leis ambientais têm levado os fabricantes a desenvolver novas formulações que favoreçam o consumidor e causem menos prejuízo ao ambiente.

A utilização de um novo material ou de uma nova tecnologia deve considerar não só o instante de utilização, mas também o antes e o depois. Utilizar uma pilha aparentemente é uma ação sem consequências. Entretanto, extrair metais para sua confecção e descartá-la de forma inadequada pode causar sérios danos ambientais.

O conhecimento científico nos aponta caminhos para resolver problemas já colocados por esse avanço tecnológico.

Tudo isso exige de nós, consumidores e, acima de tudo, cidadãos, uma preocupação ambiental cada vez maior. Discutir essas questões requer não somente o conhecimento químico dos processos tecnológicos de produção de materiais, como o conhecimento dos processos químicos envolvidos, mas muito mais do que isso: a compreensão da dinâmica de funcionamento de nossa sociedade, de seus valores e do sistema de distribuição de riquezas.

O trabalho em indústrias metalúrgicas sempre envolve um grande **risco de acidentes**.



Robert Chavez/Polar Images

Os **metais** já foram largamente substituídos em nossa sociedade, mas ainda têm grande importância em diferentes ramos.



Healy Demuthi

Reciclagem de metais: uma alternativa ambiental



Pense
Por que o Brasil é campeão mundial em reciclagem de latas de alumínio?



A obtenção de metais a partir de minério consome grande quantidade de energia. Para reduzir esse consumo, basta reduzir o consumo de metais.

A produção de metais para atender à demanda da sociedade tecnológica exige a extração de grandes quantidades de minérios. Esses processos de extração agredem muito o ambiente e, se não tratados adequadamente, podem causar enormes problemas ambientais:

Os processos de produção de metais, a partir de seus minérios, consomem enormes quantidades de energia, cuja produção em grande escala acarreta normalmente grandes impactos ambientais, por exemplo: queima de combustíveis, pelo represamento de rios e alagamento de ecossistemas, utilização de fontes energéticas que exigem tecnologia de ponta e, assim mesmo, assustam por apresentarem riscos de acidentes graves etc.

Além disso, durante a produção de energia são gerados gases e resíduos que podem contaminar o ambiente de diversas formas.

Para minimizar esses problemas existem atitudes alternativas que exigem o empenho de toda a sociedade. A primeira delas é a redução do consumo. Essa atitude não é fácil, principalmente porque vivemos em um mundo que estimula constantemente o consumo.

A segunda atitude é a reutilização. Muitos objetos e aparelhos que descartamos podem ser utilizados outras vezes. A terceira é a reciclagem, ou seja, o reaproveitamento dos materiais para a produção de novos bens de consumo, dispensando ou diminuindo o consumo da matéria-prima original.

Quando se fala em reciclagem de metais, a maior estrela é o alumínio, recordista em diversos aspectos. A reciclagem depende da vida útil do objeto, que pode variar de meses (1,5 mês, para latas de alumínio) a décadas (40 anos, para cabos elétricos).

O primeiro ponto a seu favor, em comparação a outros materiais, é o fato de não ser degradado durante o uso, podendo ser utilizado repetidamente em funções nobres, como, por exemplo, armazenar alimentos. A segunda vantagem da reciclagem do alumínio é seu alto valor residual, já que sua sucata tem valor 33 vezes maior que o aço e 55 vezes maior que o vidro de garrafas. A terceira e talvez maior vantagem é o fato de que reciclar o alumínio é bem mais barato que extrair-lo do minério.

De acordo com a Associação Brasileira do Alumínio (Abal), a obtenção de uma tonelada de alumínio por reciclagem consome apenas 5% da energia consumida na produção dessa mesma quantidade a partir do minério. Isso equivale a produzir 20 latas a partir de sucata com a mesma quantidade de energia com que se produz uma lata a partir do minério. Em 2007, no Brasil, a economia energética, graças à reciclagem de latas de alumínio, foi próxima a 2 329 GWh, o suficiente para abastecer, por um ano inteiro, uma cidade com população superior a um milhão de habitantes, como Campinas (SP).



A reciclagem de alumínio é fonte de renda para muitas famílias brasileiras.

Embora o Brasil esteja longe de ser o recordista em consumo de latas de alumínio – nossa média de consumo é de 51 latas de alumínio por habitante por ano, contra, por exemplo, 375 dos estadunidenses – somos os recordistas mundiais na reciclagem. Em 2007, foram recicladas 96,5% das latas utilizadas.

A reciclagem do alumínio apresenta outras vantagens indiretas, entre as quais citamos: o desenvolvimento de uma consciência ambiental coletiva, que acaba por incentivar atitudes de reciclagem de outros materiais; a redução da quantidade de lixo gerada; o afloramento de questões sociais etc.

Essas questões sociais estão intimamente relacionadas ao nosso recorde em reciclagem. Há até quem diga que essa é uma indústria alimentada pela fome. O fato é que para alguns terem joias de ouro e materiais de prata, muitos outros tabalharam em condições insalubres em garimpos, mineradoras e metalúrgicas. A riqueza dos metais custa caro para muitos, e a indústria que se gera em torno do processo de reciclagem ainda se dá em nosso país a partir do trabalho em condições desumanas de catadores de lixo, que envolve crianças e adolescentes. Enfim, enquanto não mudarmos o modelo de desenvolvimento, os benefícios advindos do desenvolvimento científico e tecnológico vão continuar concentrados nas mãos de poucos.

Referência Bibliográfica

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular** (Ensino Médio), 2018.

MOL, Gerson de Souza; SANTOS, Wilson Luiz Pereira dos; **Química Cidadã**. volume 03. 2ª edição. São Paulo: editora AJS, 2013, p. 269-270.



**Atividade avaliativa: Leitura e interpretação
do texto METAIS, SOCIEDADE E AMBIENTE**

Nome: _____

Após a leitura e discussão do texto com o colega, responda as questões abaixo.

1- Quais os fatores que estão associados ao valor de uma mercadoria?

2 - Quais as consequências da ampla utilização do alumínio como matéria prima?

3 - As reservas minerais de metais são fontes não renováveis. Cite alternativas para evitar a sua exaustão.

4 – Quais as vantagens da reciclagem do alumínio?

5 – Cite alguns problemas ambientais provocados pela grande extração de minerais.

AULA 07

Aula prática: oxidação de metais.

Em maior ou menor grau, a maioria dos materiais apresenta algum tipo de interação com um grande número de ambientes diferentes. Com frequência, tais interações comprometem a utilidade de um material como resultado de deterioração de suas propriedades mecânicas (p. ex., ductilidade e resistência), de outras propriedades físicas ou de sua aparência (CALLISTER e RETHWISCH, 2013).

A corrosão é definida como o ataque destrutivo e não intencional de um metal; esse ataque é eletroquímico e começa normalmente na superfície. O problema da corrosão metálica é de proporções significativas; em termos econômicos, foi estimado que aproximadamente 5% das receitas de uma nação industrializada sejam gastos na prevenção da corrosão e na manutenção ou substituição de produtos perdidos ou contaminados como resultado de reações de corrosão. As consequências da corrosão são muito comuns. Um exemplo comum é a ferrugem em carrocerias, radiadores e componentes de exaustão de automóveis (CALLISTER e RETHWISCH, 2013).

Muitos processos de oxirredução têm grande importância na vida diária, como, por exemplo: a corrosão, a fermentação, a respiração e a combustão da gasolina, entre outros (PALMA, et al., 2003). O estudo da oxidação dos metais é um tema de grande importância devido ao enorme número de aplicações que estes encontram na fabricação dos mais variados produtos (GENTIL, 1987, apud PALMA, et al., 2003).

Esse sétimo momento da sequência didática é uma aula prática sobre a oxidação dos metais. A aula prática é um importante recurso metodológico que favorece o processo de ensino aprendizagem, despertando curiosidade no aluno e relaciona a teoria com a prática.

Um exemplo comum de oxidação de metal está apresentado na Figura 17.



Figura 17: Oxidação de metais

Fonte: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/oxidacao-reducao.htm>

Inicialmente será apresentado aos alunos um texto introdutório sobre o assunto. Após a leitura será dado início aos experimentos e em seguida a discussão e elaboração das respostas das questões propostas.

Antes da leitura do texto o professor poderá abordar alguns conceitos importantes a respeito do conteúdo como de oxidação, redução, metal de sacrifício dentre outros.

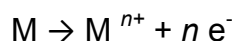
Nessa aula prática, os resultados dos experimentos não são imediatos, espera-se um intervalo de tempo cerca de 48 horas. O professor, se considerar conveniente, pode adiantar o experimento antes e apresentar o resultado experimental obtido para os alunos para os mesmos responderem as questões propostas.

Texto - Oxidação de metais

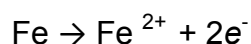
Este texto foi compilado a partir dos autores Callister e Rethwisch (2013); Feltre (2004) e Palma e Tiera (2003).

Na tarde de 19 de julho de 1992, durante a partida final do Campeonato Brasileiro de Futebol, uma parte da grade de proteção das arquibancadas do Estádio do Maracanã cedeu, sob a pressão dos torcedores, provocando a queda de muitas pessoas, com um saldo de três mortos e vinte feridos graves. A causa foi à corrosão da estrutura que prendia a grade. Diariamente a corrosão ocasiona estragos, muitas vezes invisíveis, em milhares de edifícios, navios, automóveis, etc. causando prejuízos que são calculados, em nosso país, em cerca de 10 bilhões de dólares anuais, além de colocar a população em risco durante 24 h por dia. No mundo, calcula-se que 20% do ferro produzido são para repor o que foi enferrujado. Por que ocorre a formação da ferrugem? A corrosão é sempre uma deterioração dos metais provocada por processos eletroquímicos (reações de oxir-redução), na qual há uma transferência de elétrons de uma espécie química para a outra.

Para os materiais metálicos, o processo de corrosão é normalmente eletroquímico, ou seja, consiste em uma reação química na qual há transferência de elétrons de uma espécie química para a outra. Caracteristicamente, os átomos dos metais perdem ou cedem elétrons, no que é chamado uma reação de oxidação. Por exemplo, um metal hipotético M com uma valência de n (ou n elétrons de valência) pode sofrer oxidação de acordo com a reação:

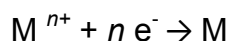


em que M torna-se um íon carregado positivamente $n+$, que nesse processo perde seus n elétrons de valência; e^{-} é usado para simbolizar um elétron. Exemplo no qual um metal se oxida:



O local onde ocorre a oxidação é chamado de anodo; a oxidação é algumas vezes chamada de reação anódica.

Os elétrons gerados de cada átomo de metal que é oxidado devem ser transferidos para outra espécie química e torna-se parte dela, no que é denominado reação de redução. Um metal pode ser totalmente reduzido de um estado iônico para um estado metálico neutro, de acordo com:



O local onde ocorre redução é chamado de cátodo. Uma reação eletroquímica global deve consistir em pelo menos uma reação de oxidação e uma de redução, e será a soma delas; com frequência, as reações individuais de oxidação e redução são denominadas semirreações. Não pode haver qualquer acúmulo líquido de cargas elétricas dos elétrons e íons; ou seja, a taxa total de oxidação deve ser igual à taxa total de redução; em outras palavras, todos os elétrons gerados na oxidação devem ser consumidos na redução.

A ordem de reatividade dos metais pode ser estabelecida tendo como referência os potenciais padrão de redução, ou seja, quanto maior e mais positivo o E°_{red} , maior a tendência de ocorrência da redução. Dessa forma, os metais podem ser colocados numa fila decrescente de reatividade que obedece a ordenação dada na Figura 18:

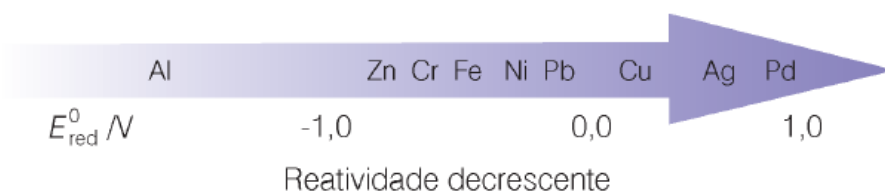
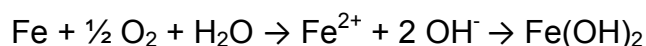
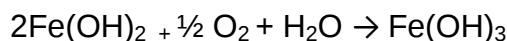


Figura 18: Fila de reatividade de alguns metais
Fonte: (PALMA; TIERA, 2003, p. 52)

Um exemplo é a oxidação ou ferrugem do ferro na água, a qual contém oxigênio dissolvido. Esse processo ocorre em duas etapas; primeiramente o Fe é oxidado a Fe^{+2} como $Fe(OH)_2$,



e na segunda etapa, é oxidado a Fe^{+3} como Fe(OH)_3 , de acordo com



O composto Fe(OH)_3 é a tão familiar ferrugem.



Figura 19: Pregos enferrujados

Fonte: <https://noticias.uol.com.br>

O ferro sempre contém pequenas quantidades de impurezas (incluindo-se outros metais). Na formação da ferrugem:

- a presença do ar e da umidade é fundamental, pois estas substâncias fazem parte da reação (sem água e oxigênio, o ferro não enferruja);
- a presença, no ar, de CO_2 , SO_2 e outras substâncias ácidas acelera a corrosão; a corrosão é também acelerada por várias bactérias que tornam mais ácido o meio;
- ambientes salinos, como ocorrem no mar e em suas vizinhanças, aceleram a formação da ferrugem; é o que acontece nos cascos dos navios, em pontes como a Rio—Niterói, em tanques de gasolina enterrados nos postos à beira-mar, etc.

Objetivos: trabalhar as reações de oxido-redução, utilizando óxidos

resultantes da oxidação de ferro e cobre, bem como a baixa reatividade de outros metais, para a criação de quadros.

Materiais:

- ✓ Tela de pintura de 16 cm x 20 cm
- ✓ Pedacos de metais (ferro, aço inoxidável, cobre, prata, ouro, alumínio),
- ✓ Solução de vinagre contendo cloreto de sódio (em uma solução de vinagre 20% (v/v), adiciona-se uma colher de sopa de NaCl ou de permanganato de potássio (1 comprimido dissolvido em 100 mL de água).



Figura 20: Materiais utilizados na prática
Fonte: A autora

Procedimentos:

1. Coloca-se a tela de 16 cm x 20 cm dentro de um recipiente plástico ou de vidro.

Observação: *a tela não deve conter impermeabilizante.*

2. Os metais são dispostos sobre a tela, de acordo com a criatividade do aluno.

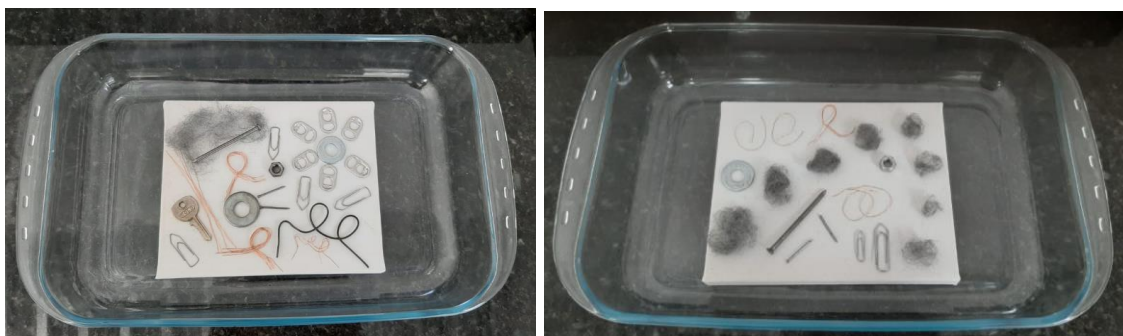


Figura 21: Disposição dos materiais sobre a tela
Fonte: A autora

3. As soluções de vinagre e de permanganato de potássio são vertidas lentamente sobre os metais e as telas são deixadas em repouso por um período de três dias. Em seguida, os metais são retirados e as telas são mantidas à temperatura ambiente, por um período de dois dias, para secagem.



Figura 22: Solução de vinagre sendo vertida sobre a tela
Fonte: A autora



Figura 23: Solução de permanganato de potássio sendo vertida sobre a tela
Fonte: A autora

Resultados esperados:

- ✓ Os objetos de ferros em contato com a solução, em meio ácido e na presença de NaCl, apresentaram uma coloração castanha avermelhada intensa, conhecida como ferrugem.
- ✓ Os objetos de cobre, principalmente quando em contato com o meio aquoso com vinagre (solução de ácido acético) e em contato com o ar adquirem uma coloração esverdeada.



Figura 24: Resultados obtidos
Fonte: A autora

Observações



→ Após a realização da prática e análise dos resultados responda as questões a seguir.

Referências Bibliográficas

CALLISTER, Willian David Junior; RETHWISCH, David G. **Ciência e Engenharia dos Materiais: Uma Introdução**. v. 8ª edição, Rio de Janeiro: LTC, 2013, p.575,

FELTRE, Ricardo. **Química**. v.02 Físico - Química, 6ª edição, p.324, São Paulo, 2004.

PALMA, Maria Helena Cunha; TIERA, Vera Aparecida e Oliveira. Oxidação de metais. **Química Nova na Escola**, n. 18, p. 52-54, Novembro, 2003.

Questões Propostas



1- Procure justificar por que é comum a utilização de janelas de alumínio ou de madeira nas construções.

2- Cite exemplos de oxirredução que você observa no seu cotidiano.

3- Por que as joias são confeccionadas ou revestidas em ouro, prata ou platina?

4- “O alumínio, por ser menos nobre do que o ferro, tem sua oxidação mais favorecida.” Esta frase parece contradizer situações que vivenciamos diariamente em relação ao uso do alumínio. Se o alumínio oxida mais rápido, explique por que motivo usa-se normalmente painéis de alumínio em vez das de ferro.

Referências Bibliográficas

PALMA, Maria Helena Cunha; TLERA, Vera Aparecida e Oliveira. Oxidação de metais. **Química Nova na Escola**, n. 18, p. 52-54, Novembro, 2003.

AULA 08

Aula prática: Extraindo ferro de cereais matinais

A deficiência de ferro é uma desordem nutricional que contribui significativamente para a redução da capacidade de trabalho, bem como para o aumento da morbidade e mortalidade. O Brasil tem uma alta incidência de anemia por deficiência de ferro: 50 % em crianças (menores de 2 anos de idade) e 35 % em gestantes. A sociedade, o consumidor, a comunidade científica, os órgãos da saúde e a mídia possuem uma nova conscientização sobre a relação saúde e hábitos alimentares. Neste ponto, a educação nutricional é muito importante para auxiliar na escolha dos alimentos e de suas combinações, do ponto de vista da nutrição, melhorando a absorção de ferro e reduzindo sua deficiência (BRAZACA e GERMANO, 2002).

Boussingault, em 1860, foi o primeiro a admitir o ferro (Fe^{+2} e Fe^{+3}) como nutriente essencial para animais e até hoje o interesse pelo ferro e pela anemia ferropriva continua imbatível. O ferro é o mineral mais estudado e descrito na história. É encontrado em todas as células dos seres vivos, tanto vegetais como animais e está distribuído por todos os alimentos (MAHAN e ESCOTT-STUMP, 1998, apud BRAZACA e GERMANO, 2002).

Por meio de um experimento simples, propõe-se interligar conceitos químicos e físicos e relacioná-los à área de nutrição, demonstrando, assim, aspectos importantes relativos à interdisciplinaridade das ciências no nosso cotidiano.



Figura 25: Cereal matinal

Fonte: <https://chaverdenatural.com.br/blog/11-alimentos-ricos-em-ferro-para-o-seu-bebe>

Texto: Extraindo ferro de cereais matinais

Esse texto foi compilado a partir dos autores: Barbosa e Barreto (1980) e da Sociedade Brasileira de Química (2010).

A anemia ferropriva, por falta de ferro, é um dos distúrbios nutricionais que mais têm aumentado no mundo - um dos motivos para isso é o alto consumo de produtos industrializados, pobres em nutrientes. Porém, por outro lado, alguns setores da indústria têm acrescentado ferro em alguns alimentos, como cereais, leite e iogurtes, por exemplo. No Brasil, onde o índice de anemia é alto, as farinhas devem ter obrigatoriamente ferro, o que consequentemente faz com que pães, bolos, doces também tenham.

O ferro é importante para a saúde porque, além de prevenir a anemia, funciona também como um combustível para que a hemoglobina, célula do sangue, transporte o oxigênio para todo o corpo. Para as crianças, a recomendação diária é de 1 a 2 mg por quilo para crianças com até 10 kg; já os homens devem ingerir 10 mg de ferro por dia; para as mulheres, essa necessidade sobe para 15 mg, principalmente após a menstruação ou em caso de gravidez, quando pode ocorrer perda de ferro pelo sangue.

A quantidade total de ferro no corpo é em média de 4 a 5 gramas, com cerca de 65% na forma de hemoglobina. Cerca de 4% estão na forma de mioglobina, 1% na forma de vários compostos heme que promovem a oxidação intracelular, 0,1% está combinado com a proteína transferrina no plasma sanguíneo, e 15% a 30% estão armazenados para uso futuro.



Figura 26: Ferro na alimentação

Fonte: <http://maternarenutrir.com.br/como-anda-a-oferta-de-ferro-na-alimentacao-do-seu-filho/>

O homem excreta cerca de 0,6 mg de ferro por dia, principalmente nas fezes. Quantidades adicionais de ferro são perdidas toda vez que ocorrem hemorragias. Para a mulher a média é cerca de 1,3 mg/dia.

O ferro é absorvido em todas as porções do intestino delgado. A absorção de ferro no intestino é extremamente lenta, com máximo de apenas alguns miligramas por dia. Isso significa que, mesmo quando grande quantidade de ferro está presente na dieta, somente pequena proporção pode ser absorvida.

O ferro alimentar ingerido pelo ser humano provém de algumas fontes animais (carnes, vísceras), vegetais (arroz, soja, espinafre, feijão), onde estão presentes sob a forma de complexos orgânicos, ou como ferro inorgânico ionizável liberado de panelas de ferro por ocasião da cocção de alimentos.

Algumas pessoas, inclusive, acreditam que cozinhar em uma panela de ferro também ajuda a aumentar o valor nutritivo dos alimentos. Em caso de anemia a pessoa pode ou não ter sintomas. Se tiver, podem ser falta de concentração, perda de memória, dificuldade de aprender coisas novas e baixo rendimento na escola ou no trabalho e também sinais físicos, como moleza, fraqueza, inapetência, distúrbios do paladar, palidez, branco na borda dos olhos, nos lábios, nas palmas das mãos e nos pés.

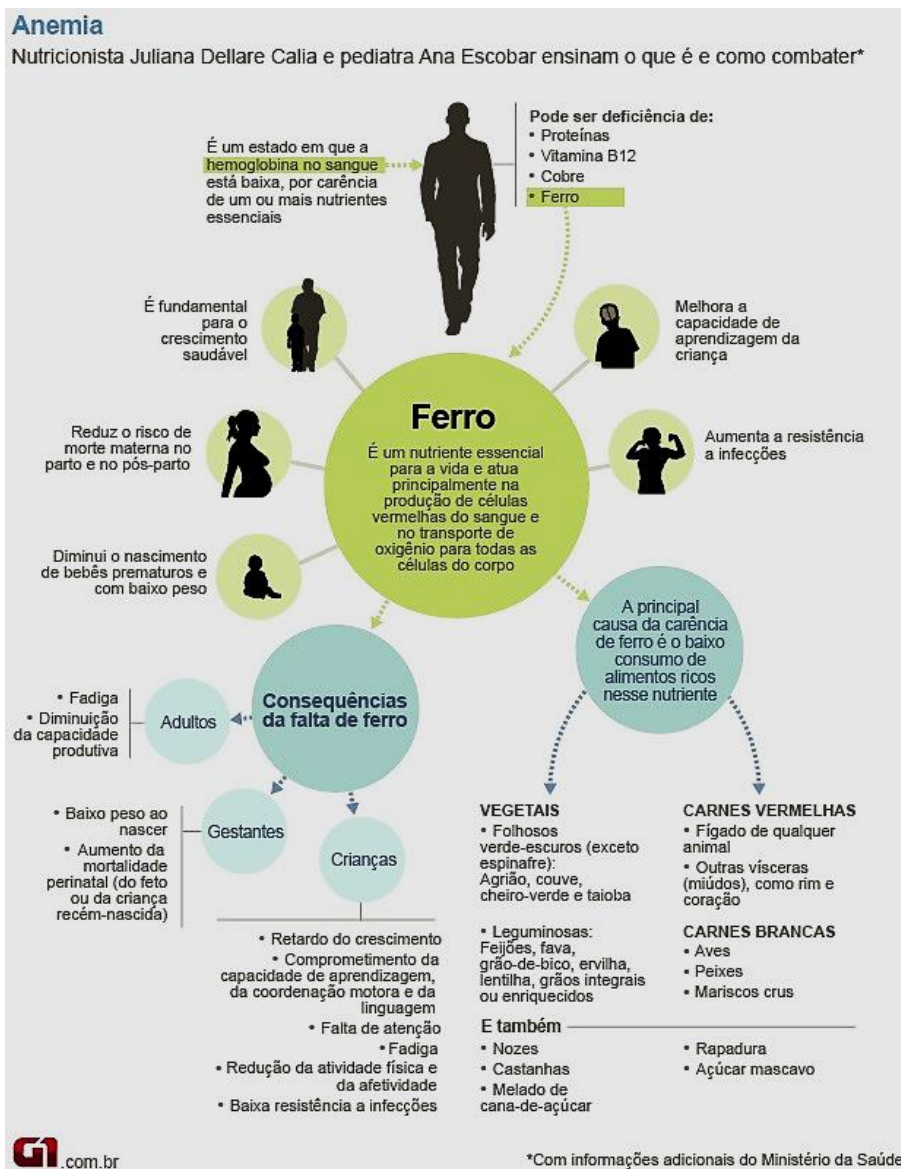


Figura 27: Relação do ferro com a saúde humana

Fonte: <http://g1.globo.com/bemestar/noticia/2013>

Para saber mais:

O ferro existe nos alimentos sob duas formas principais, na forma heme, proveniente de alimentos de origem animal, como parte da estrutura da hemoglobina e na forma não - heme, presente nos vegetais.

O mecanismo de absorção das duas formas é diferente. O ferro heme é absorvido pelas células da mucosa intestinal juntamente com o restante do grupo heme, ou seja, sem processo de transformação ou quebra de agrupamento. Por outro lado, o ferro não - heme, comumente presente nos alimentos na forma de Fe^{3+} , deve ser solubilizado e ionizado pelas secreções gástricas e reduzido a Fe^{2+} .

O ferro é estocado na forma de ferritina e liberado para a circulação de acordo com as necessidades do organismo.

CURI, Rui e PROCÓPIO, Joaquim. **Fisiologia básica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009. p. 659

Materiais:

- ✓ Gral e pistilo de tamanho suficiente para macerar 50 g de cereal matinal (pode ser usado um socador de alho);
- ✓ Béquer de 100 mL;
- ✓ Folha de papel;
- ✓ Barras magnéticas recobertas por plástico, de preferência com teflon branco. Os ímãs mais potentes são os de neodímio, presentes em sucatas de computadores e em fones de ouvido mais modernos;
- ✓ Cereal matinal contendo ferro, de preferência com teor aproximado de 14 a 20% de ferro.



Figura 28: Materiais utilizados na prática
Fonte: a autora

Procedimentos:

- 1 - Coloque de 5 a 15 flocos de cereais numa mesa limpa.

2. Mantenha a barra magnética ou o magneto próximo aos flocos e veja se eles se movimentam na direção do magneto ou mesmo se aderem a ele.



Figura 29: Aproximação do magneto sobre os flocos do cereal
Fonte: a autora

3. Reduza a fricção dos flocos colocando-os num béquer com água. Aproxime o magneto e veja se há aproximação ou movimentação dos flocos.



Figura 30: Flocos do cereal na água com aproximação do magneto
Fonte: a autora

4. Reduza o tamanho dos flocos secos triturando-os no gral ou pilão. Espalhe o pó num papel limpo.
5. Coloque o magneto por baixo do papel e movimente o papel por cima do magneto. Observe se há movimentação do pó dos flocos. Não coloque o magneto diretamente em contato com o pó.



Figura 31: Pó dos flocos de cereal sendo atraídos pelo magneto
Fonte: a autora

Observações



→ Após a realização da prática e análise dos resultados responda as questões a seguir.

Referências Bibliográficas

BARBOSA, Mario Cesar; BARRETO, Orlando Pereira. Metabolismo do ferro: absorção. **Revista Arquivos Médicos** do ABC, v.3,n. 2,1980

GUYTON, Arthur; HALL, John Edward. **Tratado de Fisiologia Médica**. 12ª edição, capítulo 32, p. 443 - 446, tradução Alcides Marinho Junior et. al., Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA (org). **A química perto de você: experimentos de baixo custo para a sala de aula do ensino fundamental e médio**/ Org: Sociedade Brasileira de Química. p.97-101.São Paulo, 2010.

<http://g1.globo.com/bemestar/noticia/2013/10/entenda-importancia-do-ferro-para-saude-e-como-o-organismo-o-absorve.html>. Acesso em:

Questões Propostas



1 - O que foi observado durante o experimento?

2 - O que é um ímã?

3 - Por que o ferro é atraído pela barra magnética?

4 - Qual a importância do ferro no nosso organismo?

5 - Quais as consequências de uma alimentação com baixa quantidade de ferro?

6 – Quais os principais alimentos ricos em ferro?

7 – O que é anemia ferropriva?

8 - Quais os sintomas que um indivíduo com anemia pode apresentar?

AULA 09

Aplicação de uma atividade avaliativa para os alunos com questões de vestibulares e ENEM que abordam conceitos como metais, mineração, oxidação dos metais e suas propriedades.

O processo de avaliação visa a julgar como e quantos dos objetivos iniciais definidos no plano de trabalho do professor foram cumpridos. Necessariamente, deve estar estreitamente vinculado aos objetivos da aprendizagem. Além disso, tem a finalidade de revelar fragilidades e lacunas, pontos que necessitam de reparo e modificação por parte do professor. Ou seja, a avaliação deve estar centrada tanto no julgamento dos resultados apresentados pelos alunos quanto na análise do processo de aprendizado (BRASIL, 2000).

Em um ensino por competências, o processo de avaliação não se limita a instrumentos com perguntas que exigem apenas operações cognitivas simples como a memorização. A formação de indivíduos treinados apenas para memorizar frases e responder a perguntas com respostas determinadas é incompatível com o desenvolvimento de cidadãos socialmente inseridos e com espírito crítico aguçado, um dos objetivos da educação (BRASIL, 2000).

A escola deverá assegurar: ao aluno, uma boa formação, tornando-o capaz de realizar a transposição dos conteúdos formais na interpretação do cotidiano e na valorização dos conhecimentos não formais gerados na comunidade; ao professor: os meios necessários para proporcionar ao aluno uma formação contínua, de qualidade, que lhe garanta atualização permanente para enfrentar os avanços da sociedade (BRASIL, 2000).



Atividade Avaliativa

Nome: _____

Turma: _____ Data: ____/____/____

1- (PUC-MG) As propriedades ductibilidade, maleabilidade, brilho e condutibilidade elétrica caracterizam:

- a) cloreto de potássio e alumínio.
- b) cobre e prata.
- c) talco e mercúrio.
- d) grafita e diamante.
- e) aço e PVC.

2 - (UNESP/2016.2) Os testes de qualidade de água realizados nos rios atingidos pela lama proveniente do rompimento da barragem de uma mineradora, em Mariana (MG), identificaram metais pesados em proporções fora dos parâmetros permitidos. Nessas águas, os metais identificados em maior quantidade foram o ferro e o manganês, mas alguns testes também apontaram grande quantidade de mercúrio.

(<http://epoca.globo.com>. Adaptado.)

Assinale a alternativa que apresenta um impacto ambiental esperado decorrente da presença de metais pesados nas águas dos rios atingidos.

- a) A lama contendo metais pesados aumenta a densidade da água, o que dificulta o revolver das águas e a incorporação natural de gás oxigênio proveniente do ar atmosférico, diminuindo a concentração deste gás na água.
- b) A grande quantidade de metais aumenta a concentração de partículas em suspensão na água, tornando-a turva o suficiente para impedir a entrada de luz, o que inviabiliza a fotossíntese pelo plâncton.
- c) A presença de grande quantidade de manganês e ferro nas águas favorece o

processo de eutrofização, pois há a proliferação de algas que, ao morrerem, são decompostas por bactérias que consomem o gás oxigênio da água.

d) O excesso de minério de ferro na água provoca a queda da concentração de gás oxigênio dissolvido, uma vez que ocorre reação de oxirredução entre o ferro e o gás oxigênio da água, formando o óxido de ferro.

e) Os metais identificados na água lamacenta dos rios têm efeitos cumulativos na cadeia alimentar, de modo que os últimos indivíduos ao longo da cadeia contaminada apresentam maior concentração desses metais.

3 – (SASI – UFVJM/2015) A ingestão dos alimentos pelas pessoas deve ser equilibrada para que a quantidade mínima diária de nutrientes seja ingerida para a manutenção da vida. Esta tabela apresenta as fontes de alguns nutrientes.

Íons	Principais fontes
K^+	frutas, legumes, carnes, leites e derivados
Mg^{2+}	cereais, frutos do mar
Ca^{2+}	legumes, peixes, leites e derivados
Fe^{2+}	legumes, cereais, carnes e fígado
Na^+ , Cl^-	sal de cozinha

Os íons fundamentais no metabolismo da hemoglobina podem ser encontrados principalmente em:

- a) frutas.
- b) frutos do mar.
- c) sal de cozinha.
- d) carnes de boi e porco.

4 – (ENEM) Um grupo de estudantes, saindo de uma escola, observou uma pessoa catando latinhas de alumínio jogadas na calçada. Um deles considerou curioso que a falta de civilidade de quem deixa lixo pelas ruas acaba sendo útil para a subsistência de um desempregado. Outro estudante comentou o significado econômico da sucata recolhida, pois ouvira dizer que a maior parte

do alumínio das latas estaria sendo reciclada. Tentando sintetizar o que estava sendo observado, um terceiro estudante fez três anotações, que apresentou em aula no dia seguinte:

- I. A catação de latinhas é prejudicial à indústria de alumínio;
- II. A situação observada nas ruas revela uma condição de duplo desequilíbrio: do ser humano com a natureza e dos seres humanos entre si;
- III. Atividades humanas resultantes de problemas sociais e ambientais podem gerar reflexos (refletir) na economia.

Dessas afirmações, você tenderia a concordar, apenas, com:

- a) I e II
- b) I e III
- c) II e III
- d) II
- e) III

5 - (Fatec-SP) A condutividade elétrica dos metais é explicada admitindo-se:

- a) ruptura de ligações iônicas.
- b) ruptura de ligações covalentes.
- c) existência de prótons livres.
- d) existência de elétrons livres.
- e) existência de nêutrons livres.

6 - (Mauá/2017) A bactéria *Acidithiobacillus ferrooxidans* tem sido utilizada para o bioprocessamento de cobre e ouro em minas ou para a recuperação de rejeitos metálicos em barragens. Essa bactéria tem a capacidade de alimentar-se do ferro presente nas rochas e liberar os metais preciosos impregnados, facilitando a sua extração.

Disponível em: <http://revistapesquisa.fapesp.br/2013/12/18/mineracao-commicrorganismos/>. Acesso em: 25 jul. 2016 (adaptado).

Esse processo também poderia ser utilizado para reduzir possíveis impactos ambientais antrópicos em:

- a) biorremediação de áreas contaminadas com petróleo e seus derivados.
- b) tratamento do chorume gerado no tratamento de água para o consumo.
- c) reciclagem de lixo eletrônico, reduzindo a contaminação do ambiente por metais.
- d) tratamento de água em substituição ao método de cloração em reservatórios próximos à área de mineração.
- e) aterros sanitários para acelerar a decomposição da matéria orgânica depositada nessas construções.

7 - (ENEM) Na fabricação de qualquer objeto metálico, seja um parafuso, uma panela, uma joia, um carro ou um foguete, a metalurgia está presente na extração de metais a partir dos minérios correspondentes, na sua transformação e sua moldagem. Muitos dos processos metalúrgicos atuais têm em sua base conhecimentos desenvolvidos há milhares de anos, como mostra o quadro:

MILÊNIO ANTES DE CRISTO	MÉTODOS DE EXTRAÇÃO E OPERAÇÃO
quinto milênio a.C.	Conhecimento do ouro e do cobre nativos
quarto milênio a.C.	Conhecimento da prata e das ligas de ouro e prata Obtenção do cobre e chumbo a partir de seus minérios Técnicas de fundição
terceiro milênio a.C.	Obtenção do estanho a partir do minério Uso do bronze
segundo milênio a.C.	Introdução do fole e aumento da temperatura de queima Início do uso do ferro
primeiro milênio a.C.	Obtenção do mercúrio e dos amálgamas Cunhagem de moedas

Podemos observar que a extração e o uso de diferentes metais ocorreram a partir de diferentes épocas. Uma das razões para que a extração e o uso do ferro tenham ocorrido após a do cobre ou estanho é:

- a) a inexistência do uso de fogo que permitisse sua moldagem.
- b) a necessidade de temperaturas mais elevadas para sua extração e moldagem.
- c) o desconhecimento de técnicas para a extração de metais a partir de minérios.
- d) a necessidade do uso do cobre na fabricação do ferro.
- e) seu emprego na cunhagem de moedas, em substituição ao ouro.

8 - O consumo de metais pode ser um indicador de desenvolvimento econômico de um país. Justifique a sua resposta.

9 - A tabela abaixo lista cinco metais. As duas colunas indicam indistintamente os pontos de fusão e ebulição deles em °C.

Metal	Ponto de fusão	Ponto de elbulição
Alumínio	2.450	660
Ferro	2.750	1.536
Chumbo	1.725	327
Zinco	960	419
Tungstênio	2.450	660

Lâmpadas incandescentes, dispositivos tão comuns em nosso cotidiano, consistem em um filamento (fio muito fino) metálico dentro de um bulbo de vidro que, com a passagem de corrente elétrica, aquece até temperaturas da ordem de $3.000\text{ }^{\circ}\text{C}$. Com esse intenso aquecimento, o fio passa a brilhar (incandescer), emitindo luz.

Qual(is) metal(is), entre os listados na tabela acima, poderiam ser usados para fabricar o filamento? Justifique sua resposta.

2 Referências Bibliográficas

BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais** (Ensino Médio) – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, Brasília, 2000.

_____. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular** - (Ensino Médio), 2018.

BRAZACA, Solange Guidolin Canniatti, GERMANO, Ronilda Maria Arruda; Importância do ferro em nutrição humana, **Nutrire**: Revista Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição, v.24, p.85-104, dezembro, 2002.

CALLISTER, Willian David Junior; RETHWISCH, David G. **Ciência e Engenharia dos Materiais: Uma Introdução**. v. 8ª edição, Rio de Janeiro: LTC, 2013.

GALIAZZI, Maria do Carmo; MORAES, Roque; RAMOS, Maurivan Güntzel. Aprender Química: Promovendo Excursões em Discurso da Química. . In: MALDANER, Otavio Aloisio; ZANON, Lenir Basso.(org). **Fundamentos e Propostas de Ensino de Química para a Educação Básica no Brasil**. Ijuí: Unijuí, 2010.

MARCONDES, Maria Eunice Ribeiro; SILVA, Erivanildo Lopes. Visões de contextualização de professores de Química na elaboração de seus próprios materiais didáticos, **Revista Ensaio**, v.12, n.01, p.110-118, jan/abril, Belo Horizonte, 2010.

MOL, Gerson de Souza; SANTOS, Wilson Luiz Pereira dos; **Química Cidadã**, volume 03, p. 269-270, 2ª edição, São Paulo 2013

PALMA, Maria Helena Cunha; TLERA, Vera Aparecida e Oliveira. Oxidação de metais. **Química Nova na Escola**, n. 18,p. 52-54, Novembro 2003.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA (org.). A química perto de você: experimentos de baixo custo para a sala de aula do ensino fundamental e médio. Organizador: **Sociedade Brasileira de Química**. – São Paulo: Sociedade Brasileira de Química, 2010.